

ния железа магнитного в продуктах обогащения//Сборник трудов. «Качество 2005». - С. 117 - 123.

4. **Дрига В.В., Цибулевский Ю.Е., Фашевский Д.П.** Исследование и разработка устройства оперативного контроля содержания магнитного железа в горной массе//Сборник трудов КТУ, Кривой Рог 2002. - С. 74-80.

5. Патент №60612А. Україна МКИ G01N27/72 Пристрій оперативного контролю масової частини магнітного заліза у гірській масі. **Азарян А.А., Дрига В.В., Демченко О.М., Цибулевський Ю.Є.** Заявл. 14.01.2003. Опубл. 15.10.2003. Бюл.№10.

6. Патент №6225 Україна МКИ G01N27/72. Пристрій оперативного контролю масової частини заліза магнітного у гірничій масі. **Азарян А.А., Дрига В.В., Цибулевський Ю.Є., Кривенко А.Ю.** Заяв. 13.12.2004. Опубл. 15.04.2005. Бюл.№4.

7. **Домарев Д.С.** Исследование влияния вещественного состава и структурно-текстурных особенностей магнетитовых роговиков Скелеватского месторождения на их физико-механические свойства: дис. ... канд. техн. наук / Домарев Д. С. – Кривой Рог, 1969 – 221 с.

8. Влияние вещественного состава и вторичных процессов на физико-механические свойства железистых пород Криворожского бассейна [Текст] / **Р. И. Тедер, Д. С. Домарев.** – М. : [б. и.], 1970. – 35 с.

9. Обогаемость железных руд / [**Богданова И. П., Нестерова Н. А., Федорченко Н. А., Грицай Ю. Л.**].- М.:Недра,1989. -158 с.

10. Патент №80707 Україна МПК G01V 3/18. Пристрій для магнітного каротажу геофізичних свердловин. **Азарян А.А., Цибулевський Ю.Є., Шаров В.В., Юрко О.В., Лисовой В.Н.** Заяв. 06.12.2004. Опубл. 25.10.2007, бюл. № 17

Рукопись поступила в редакцию 24.04.16

УДК 621.311.086.5: 621.3.001

В.А. КОЛЬСУН, канд. техн. наук, доц., А.А. ИВАШКО, И.А. ИУТИН, магистранты
Криворожский национальный университет

СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ В КУРС ИЗУЧЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ МОДУЛЯ «АВТОНОМНЫЙ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ»

В статье приведены практические результаты по построению модуля «Автономный инвертор напряжения», для проведения лабораторных и исследовательских работ в условиях лаборатории. Вопросу улучшения качества знаний студентов с преобразовательной техники - уделяется все больше внимания. Качество знаний с преобразовательной техники определяет уровень квалификации будущих специалистов электротехнического направления, но возможности, которые предоставляются на данный момент ограничены в связи с моральным износом лабораторного оборудования. Таким образом, была поставлена задача, разработать модуль автономного инвертора напряжения, как одного из основных видов преобразователя. Исходя из последнего, задача, которая была поставлена, является актуальным и эффективным средством повышения качества знаний студентов в сфере преобразовательной технике.

Ключевые слова: преобразовательная техника, лабораторный стенд, инвертор напряжения, преобразователь частоты, ШИМ

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Вопросу улучшения качества знаний студентов с преобразовательной техники - уделяется все больше внимания. Качество знаний с преобразовательной техники определяет уровень квалификации будущих специалистов электротехнического направления, но возможности, которые предоставляются на данный момент ограничены в связи с моральным износом лабораторного оборудования. Таким образом, была поставлена задача, разработать модуль автономного инвертора напряжения, как одного из основных видов преобразователя. Особенность которого, заключается в возможности исследования переходных процессов в каждом звене преобразователя, что позволит значительно улучшить процесс закрепления теоретических знаний эмпирическим методом.

Анализ исследований и публикаций. Рациональность создания модуля автономного инвертора напряжения для лабораторного комплекса по изучению преобразовательной техники можно обосновать только обзором уже существующих стендов и технических решений. Одним из таких решений по изучению преобразователей, является лабораторный стенд „Базис”. Данный стенд позволят проводить физическое моделирование большинства типовых схем преобразователей. Не смотря на рациональность применения данного решения в учебном процессе, он имеет и недостатки, одним из которых является его стоимость [9]. Исходя из последнего, задача, которая была поставлена, является актуальным и эффективным средством повышения качества знаний студентов в сфере преобразовательной технике.

Изложение материала и результаты. Проанализировав выше перечисленные проблемы обучения студентов, был изготовлен опытный образец стенда, в котором реализовано питание, измерения и внешняя система мониторинга и управления.

Но для проведения лабораторных работ требуется собрать силовую схему и управление, при этом был создан модуль преобразователя с базовым набором элементов и возможностью переконфигурации силовой части под потребности лабораторной работы.

Так были созданы два модуля: трехфазный выпрямитель и тиристорный регулятор напряжения.

На которых успешно был проведен ряд исследований, с целью определения недостатков модульного подхода к созданию преобразователей. Следующим этапом развития, было создание модуля преобразователя частоты.

Проанализировав существующие схемы преобразователей, было принято решение остановиться на схеме автономного инвертора напряжения (рис. 1) с использованием полностью управляемых ключей.

Аргументация данного выбора заключается в том, что эта топология часто используется и развивается в большинстве готовых промышленных образцах.

Для определения параметров силовых элементов инвертора, были сделаны некоторые допущения: максимальный амплитудный ток в силовых элементах не должен превышать 5А, напряжение в звене постоянного тока не должно превышать 200В.

Также, для лучшего восприятия силовой схемы студентами, все элементы выполнены в дискретном виде и расположены на плате в соответствии со схематической топологией.

В качестве силового ключа был использован полевой транзистор IRF840, обратный диод FR607, трехфазный драйвер силовых ключей IR2233S.

Также было принято решение, что LC-фильтр, должен быть расположен на плате, что позволит использовать силовую часть как активный выпрямитель, без переделки схемы.

В качестве сердечника индуктивности был взят феррит тороидальной формы на базе сердечника из распыленного железа, которые больше подходят для силовых цепей переменного тока.

Для управления изначально был выбран контроллер AtMega32, но по мере развития идеи и добавления новых запросов контроллер был изменен на STM32F103C8T6.

Замена контроллера позволила повысить сложность алгоритмов управления силовыми ключами, добавить обратные связи по току и напряжению.

С целью удешевления схемы не была сделана развязка земель управления и силовой части, что позволило упростить схему измерения напряжения, использовав резистивный делитель и операционный усилитель по повторяющей схеме, с целью устранения помех, создаваемые процессами протекающими при преобразовании в АЦП микроконтроллера.

Измерения тока выполнены на микросхеме ACS712 с дальнейшим усилением и приведением к 3,3В.

Использование этой микросхемы дает свободу выбора для установки ее в схеме, так как она является изолированной и на модуле занимает совсем немного места.

На плате реализовано два импульсных преобразователя, один повышающий с 5В до 15В для питания драйвера силовых ключей и операционных усилителей, другой инвертирующий с 5В до -12В для питания операционных усилителей.

Для питания преобразователей было выбрано напряжение в 5В, с целью возможности подачи питания через USB-разъем.

При наладке платы возникла проблема: при подаче питания на плату потребляемый ток преобразователями был выше расчетного для микросхем MC34063, поэтому пришлось переделать преобразователь для реализации схемы с внешним транзистором, что позволило разгрузить микросхему и выйти на штатные параметры работы платы.

Но все равно при запуске платы требуется ток порядка 2А, дальше при работе ток потребляется в пределах 0,8А и этот нюанс необходимо учитывать при выборе источника питания модуля.

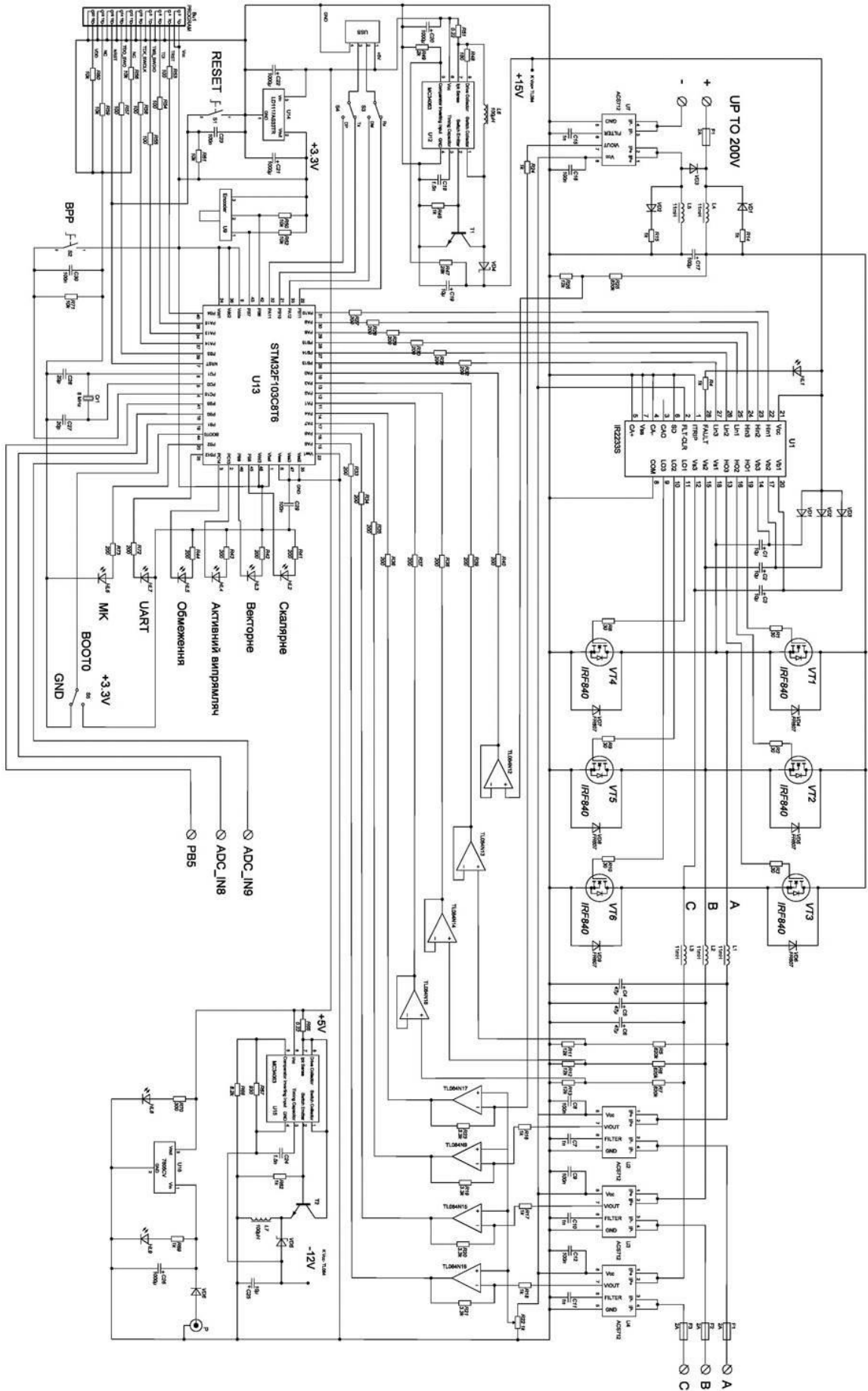


Рис. 1. Принципиальная схема модуля «Автономный инвертор напряжения»

За первоначальной задумкой, данный модуль, должен просто преобразовывать постоянное напряжение в переменное, по средством ШИМ модуляции, с возможностью изменения выходной частоты и напряжения по каналу связи UART. Но с заменой контроллера и продумыванием схемы, добавлялись разнообразные возможности которые позволяют реализовать управление двигателем от простого скалярного до наиболее сложного векторного без датчика скорости.

Также, для придания большей автономности модуля (рис. 2,3), были добавлены светодиодные индикаторы и пара кнопок.

Позволяющие непосредственно на модуле выбрать режим работы и отобразить какой из них сейчас активен: включить активный выпрямитель с регулированием выходного напряжения в заданных пределах, включить скалярный или же векторный алгоритм работы инвертора, а так же отобразить факт включения ограничения по току.

Еще одной из идей автономности модуля и расширения возможностей, является использование USB, что позволит непосредственно связать модуль с компьютером и задействовав специализированную программу, можно как выводить измеренные величины с контроллера, так и задавать параметры системы непосредственно на ходу.

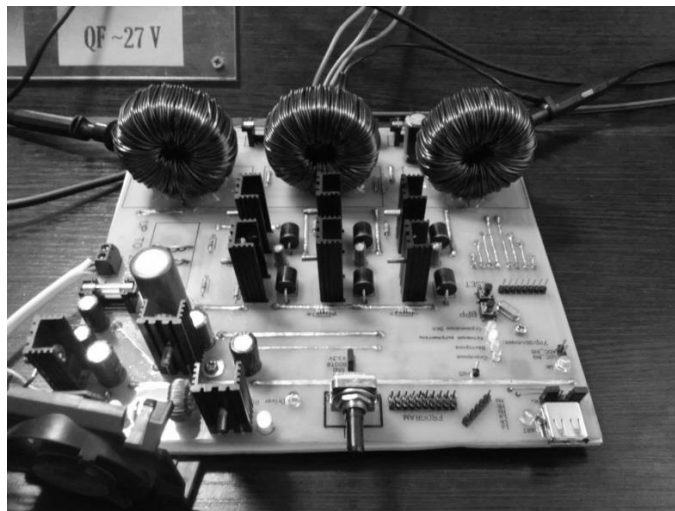


Рис. 2. Внешний вид модуля «Автономный инвертор напряжения» в работе

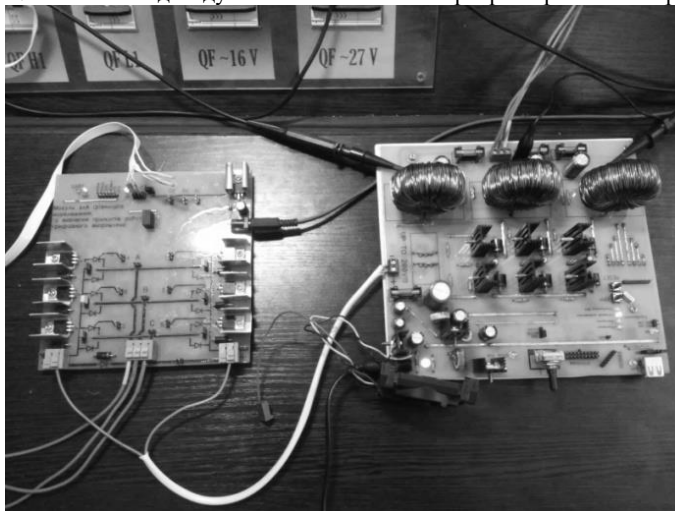


Рис. 3. Совместная работа модулей «Автономный инвертор напряжения» и «Выпрямитель»

Таким образом данный модуль позволяет покрыть потребности в изучении автономных инверторов в полной мере. Студент сможет пронаблюдать за работой инвертора со скалярным и векторным управлением. На базе этих наблюдений, он может сделать вывод о том, какой из типов управлений лучше будет подходить в разных ситуациях. Так же, может познакомиться с активным выпрямителем. Данный модуль, будет незаменимым для научных исследований в работах аспирантов и магистрантов.

Выводы и направления дальнейших исследований. На данный момент проходят испытания возможностей модуля и выявление недостатков, если таковые имеют место быть. В дальнейшем будет проходить расширение возможностей управления, путем добавления новых алгоритмов и доведения существующих с последующим увеличением быстродействия системы в целом.

Список литературы

1. **Виноградов А.С.** Математические основы векторного управления электроприводами переменного тока: метод. указания для самостоятельной работы студентов по курсу «Векторное управление электроприводами переменного тока» / А.Б. Виноградов, В.Л.Чистосердов; ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2004, – 40с.
2. **Архангельский Н.Л.** Формирование алгоритмов управления в частотно-управляемом электроприводе / Н.Л.Архангельский, В.Л.Чистосердов // -М. Электротехника. – 1994. –№3. –С. 48–52.
3. **Чехет Э.М.** Непосредственные преобразователи частоты для электропривода / Э.М.Чехет, В.П.Мордач, В.Н.Соболев. –Киев: Наук.думка,1988. – 224 с.
4. **Солонина А.И.** Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций Изд. 2-е испр. и перераб. / **Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б.** –СПб.: БХВ-Петербург, -2005 - 768 с.
5. STM. Datasheet на контроллер STM32F103C8T6 [Электронный ресурс] / STM // ST. – 2015. – Режим доступа до ресурсу: <http://www2.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/33/d4/6f/1d/df/0b/4c/6d/CD00161566.pdf/files/CD00161566.pdf/jcr:content/translations/en.CD00161566.pdf>
6. Datasheet на микросхему IR2233S [Электронный ресурс] // IRF. – 201. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2133.pdf>.
7. Datasheet на полевой транзистор IRF840 [Электронный ресурс] // FAIRCHILD. – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <http://intranet.ctism.ufsm.br/gsec/Datasheets/IRF840.pdf>.
8. **Усольцев, А. А.** Частотное управление асинхронными двигателями: -учебное пособие / А.А. Усольцев. - СПб. : СПбГУ ИТМО, 2006. - 94с.
9. **Зіманков Р.В.** / Стенд фізичного моделювання перетворювачів / **Є.С. Біднов, Р.В. Зіманков** // Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з галузі „Електротехніка та електромеханіка”. Збірник тез доповідей. / Дніпродзержинськ: ДДТУ. - 2015. – с. 82

Рукопись поступила в редакцию 12.04.16

УДК: 62 – 83: 629.423.1

О.Н. СИНЧУК, д-р. техн. наук, проф., И.В. КАСАТКИНА, канд. техн. наук, доц.,
Криворожский национальный университет

Л.В. СМЕНОВА, соискатель,

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДВООСНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Рассмотрены результаты моделирования переходных процессов в асинхронных двигателях тяговых двоосных электровозов на математической модели по мгновенным и средним значениям, описываемых рекуррентными соотношениями, которые позволяют рассчитать мгновенные и средние значения координат соответствующие координатам измеренным датчиками.. Применение модели предлагаемой структуры и создание системы по средним значениям текущих электротехнических параметров тяговых асинхронных двигателей позволит избавиться от помех, влияющих на точность работы системы, и повысить ее надежность в целом.

Ключевые слова: тяговый привод, электровоз, переходные процессы

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. В рудниках и шахтах Украины функционируют более 3-х тысяч 20-ти типов и видов двоосных электровозов, специально предназначенных для работы в подземных условиях и классифицируемых как рудничные [1].

К сожалению, все без исключения вышеотмеченные электровозы устарели морально и физически [2]. Но все же главным «устаревшим» элементом в них является электромеханическая часть - тяговый электромеханический комплекс (ТЭМК), а точнее тяговый электропривод (ТЭП), который является энергонезэффективным, ненадежным и не технологичным [3-8].