

СОВЕТ РЕКТОРОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИОННОЙ
ПОЛИТИКИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ
МЕЖВУЗОВСКИЙ ЦЕНТР СОДЕЙСТВИЯ НАУЧНОЙ И
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ И МОЛОДЫХ
УЧЕНЫХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СИБИРИ

25 – я Межвузовская (Региональная) научная студенческая конференция
(МНСК-2017)

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

24-25 мая 2017 г.
в 23-х частях

Часть 20 – АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД,
ЭЛЕКТРОНИКА, МЕХАТРОНИКА

НОВОСИБИРСК
2017

УДК 62(063)
ББК 72(253)я431
И 23

И 23 Интеллектуальный потенциал Сибири: 25–я Межвузовская (Региональная) научная студенческая конференция / сборник научных трудов в 23 ч. / под общ. ред. Н.В. Пустового. - Новосибирск, 2017.

ISBN 978-5-7782-3244-0

Ч. 20. – Автоматизированный электропривод, электроника, мехатроника. – 59 с.

ISBN 978-5-7782-3264-8

В сборнике публикуются результаты научных исследований студентов и аспирантов Высших учебных заведений, представленных на 25-й Межвузовской (Региональной) научной студенческой конференции «Интеллектуальный потенциал Сибири» (МНСК-2017). Работы отражают современный уровень научных исследований студентов и аспирантов по трем направлениям.

Сборник научных трудов представляет интерес для специалистов в различных областях знаний, учащихся, работников системы высшего образования и Российской академии наук, а также руководителей организаций, занимающихся вопросами внедрения актуальных научных разработок.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель Оргкомитета:

Пустовой Н.В., д-р техн. наук, профессор,
Председатель совета ректоров ВУЗов НСО

Зам. председателя Оргкомитета:

Орлова О. Г., д-р ф. наук, профессор,
зам. министра образования, науки и
инновационной политики НСО

Состав оргкомитета:

Гурова Е.Г., канд. техн. наук, доцент НГТУ,
директор АНО «МЦ СНИД»,

Дегтярев В.В., д-р техн. наук, проректор по науке НГАСУ;

Курганова Е.В., канд. б. наук, начальник управления

научно-образовательного комплекса и инноваций

министерства образования, науки и

инновационной политики НСО;

Майер Б.О., канд. физ.-мат. наук проректор по науке НГПУ;

Ревнивых А.В., канд. техн. наук, проректор по науке НГУЭУ «НИНХ»;

Радзюкевич А.В., канд. архит., и.о. проректора по науке НГУАДИ.

УДК 62(063)
ББК 72(253)я431

ISBN 978-5-7782-3264-8 (Ч.20)

ISBN 978-5-7782-3244-0

© Коллектив авторов, 2017

© Совет Ректоров Новосибирской
области, 2017

Автоматизированный электропривод, **электроника, мехатроника**

СИНХРОННЫЙ РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

Д.Ю. Бабицкий, Р.Р. Бакиев, Н.А. Банщиков

**Научный руководитель: Д.М. Топорков, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
denibaks@gmail.com**

В данной работе рассмотрена возможность замены используемых в данный момент двигателей постоянного тока с независимым возбуждением на синхронные реактивные двигатели в тяговом электроприводе рудничного электровоза.

Ключевые слова: Синхронный реактивный двигатель.

The possibility of replacement of the DC traction motor for electric mine locomotive by the reluctance motor investigated in the work.

Keywords: Synchronous reluctance motor.

В настоящее время в тяговых электроприводах используются двигатели постоянного тока, обладающие рядом недостатков: необходимость своевременного профилактического обслуживания коллекторно-щеточного узла, а также ограниченный срок службы из-за износа коллектора.

В качестве объекта исследования рассмотрена возможность использования двигателя, составленного из статора асинхронного двигателя серии 4А с использованием специально сконструированного реактивного ротора, предполагаемого для замены двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Достоинствами использования синхронного реактивного двигателя являются: простота

конструкции, надежность работы, при использовании не требуется наличие источника постоянного тока для питания обмотки возбуждения, отсутствие электрических потерь в роторе. В свою очередь необходимо принять во внимание то, что у такого двигателя сравнительно невысокий пусковой момент и $\cos\Pi\ddagger$.

Используя ЭВМ с помощью программной среды FEMM было рассмотрено множество вариантов геометрии ротора. Критериями выбора геометрии служили: получение максимально возможного электромагнитного момента, максимально приближенного к номинальному электромагнитному моменту двигателя постоянного тока; отсутствие больших пульсаций электромагнитного момента при повороте ротора. В ходе исследования было отобрано несколько вариантов геометрии ротора, отличающиеся друг от друга максимальным моментом и величиной пульсаций, и выбран наиболее удачный вариант. Затем, так же в программной среде FEMM, была получена угловая характеристика разработанного двигателя. Так же, используя программное обеспечение MathCad, были рассчитаны рабочие характеристики, а также получены зависимости от угла нагрузки.

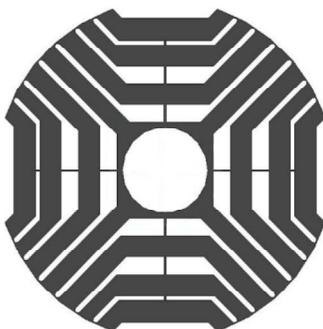


Рисунок 1 – Эскиз листа ротора

Так же следует принять во внимание, что из-за отсутствия электрических потерь в роторе возможно увеличение линейной нагрузки обмотки статора без увеличения общего уровня потерь, в

сравнении с асинхронным двигателем, взятым за основу. Это позволяет, в случае необходимости, увеличить электромагнитный момент двигателя.

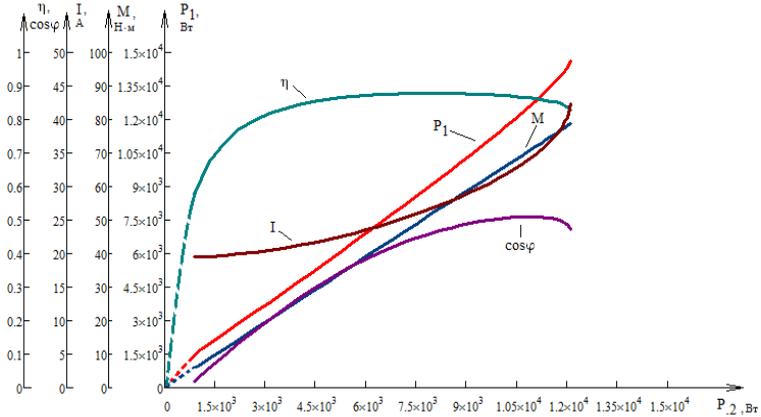


Рисунок 2 – Рабочие характеристики

В данный момент синхронные реактивные двигатели мало распространены в общепромышленном электрооборудовании, хотя имеются преимущества, отсутствующие у других типов двигателей. Так же в ходе исследования были получены технические характеристики, не уступающие двигателю постоянного тока с независимым возбуждением, причем без увеличения габаритных размеров.

Список литературы

1. Постников И.М., Ралле В.В. Синхронные реактивные двигатели. – Киев: Изд-во Техника, 1970. - 142 с.
2. Кононенко Е.В. Синхронные реактивные машины. – М: Энергия, 1970. – 208с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЗЕРВУАРНЫМ ПАРКОМ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Т.Б. Байшуакова

Научный руководитель: Е.С. Кучер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
79231817287@mail.ru

В данном докладе в качестве объекта управления рассмотрен резервуар для хранения нефти с насосным агрегатом. Описан способ и принцип управления. Осуществлен выбор двигателя и соответствующего насосного агрегата.

Ключевые слова: автоматизация, резервуар хранения нефтепродуктов.

In this report, as a control object is represented by a reservoir for storing oil. The method and principle of control is described. The choice of the engine and the corresponding pump unit has been made.

Keywords: automation, storage tank for oil products storage.

Развитие нефтегазовой промышленности сегодня в значительной степени зависит от дальнейшего совершенствования эксплуатации и обслуживания систем трубопроводного транспорта из отдаленных регионов в промышленные центральные районы страны.

Резервуарные парки (РП) в нефтяной промышленности используются достаточно широко. Основное назначение таких конструкций – удобство учета и хранения углеводородного сырья.

Ключевым элементом в системе управления является асинхронный трехфазный двигатель с короткозамкнутым ротором. С целью обеспечения безопасности производственных процессов на нефтебазе и парке хранения нефти был выбран асинхронный двигатель взрывозащищенной серии типа ВА200М2У2. Для регулирования

главными параметрами работы резервуарного парка, такими как, давление в трубопроводе, плавная скорость наполнения и опорожнения резервуара необходимо включить в систему управления насосный агрегат типа А1СЦН 90/80, соответствующий предъявляемым технологическим требованиям.

Выбор способа и принципа управления проводится на основании требований к регулированию скорости и показателям качества регулирования: диапазону регулирования, плавности, точности поддержания заданной скорости. Принцип векторного управления является наиболее перспективным, позволяющий представить асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором как двухканальный объект, что позволяет независимо управлять его магнитным состоянием и электромагнитным моментом.

В докладе приводится расчет и выбор асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, электронасосного агрегата, а также описан выбор способа и принципа управления.

В дальнейшем будут решаться задачи структурного и параметрического синтеза системы управления насосным агрегатом резервуарного парка.

Список литературы

1. Технические средства систем управления технологическими процессами нефтяной и газовой промышленности: учеб. – метод. пособие / Е.Б. Андреев, В.Е. Попадько. – Москва, 2004.

2. Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа: учеб. – метод. пособие / Е.Б. Андреев, А.И. Ключников. – Москва, 2008.

3. Электрический привод: учебно-методическое пособие / А.Ю. Чернышев, С.И. Качин, И.А. Чернышев; Томский политехнический университет, – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 156с.

4.Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит каталог электрических аппаратов и их технические характеристики - Режим доступа: <https://keaz.ru/catalogu>.

СИСТЕМА ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

О.В. Бакарев

**Научный руководитель: Е.С. Кучер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
kross77793@mail.ru**

В представленной работе была разработана система векторного управления электроприводом переменного тока насосной станции. Также в дальнейшем будет произведен сравнительный анализ данного метода управления с методом частотного управления.

Ключевые слова: векторное управление, электропривод переменного тока, сравнительный анализ, насосная станция.

In this work it was developed vector control system of AC drive of pumping station. Also, in further work will be performed a comparative analysis of this method control to the method of variable-frequency control.

Keywords: vector control system, variable-frequency control, comparative analysis, pumping station.

Различные насосные станции на данный момент получили широкое применение в области водоснабжения, канализации и нефтедобывающей промышленности. Такие насосные станции представляют собой комплекс сооружений, а также механизмов и оборудования, основу которых составляют насосные агрегаты.

Любая качественная современная система управления асинхронным двигателем должна обеспечивать максимальную экономию

электроэнергии, высокую точность регулирования частоты, оптимальный закон управления, иметь высокую надежность и невысокую стоимость. Такие системы управления строятся на базе микропроцессоров и позволяют достигнуть высоких показателей требуемых технологических параметров.

Одним из способов управления электроприводом переменного тока является принцип векторного управления, использование которого позволяет обеспечить высокую точность регулирования скорости, быструю реакцию на изменения условий эксплуатации, плавный старт и плавное вращение двигателя во всём диапазоне частот, повысить КПД электропривода, а также разделить каналы управления двигателем по намагничивающему и моментобразующему токам двигателя, что позволяет рассматривать электропривод переменного тока как эквивалент электропривода постоянного тока с независимым возбуждением, т.е. как двухканальный объект управления.

В данной работе был произведен синтез системы векторного управления электроприводом переменного тока, в основу которого было положено математическое описание асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в полеориентированной системе координат. Осуществлен выбор технически соответствующего насоса, а также было произведено цифровое моделирование насосного агрегата, результаты которого подтверждают правильность структурного и параметрического синтеза системы управления. Последним шагом будет сравнительный анализ полученных показателей систем векторного и частотного управления.

Посредством данного анализа, можно будет сделать вывод о целесообразности использования каждого из методов для заданного технологического процесса. Предпочтение будет отдано методу, который покажет наиболее экономически и технически целесообразные показатели работы рассмотренного электропривода.

Список литературы

1. Панкратов В.В. Векторное управление асинхронными электроприводами: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – 66 с.

2. Панкратов В.В. Адаптивные алгоритмы бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами подъемно-транспортных механизмов: учеб. пособие / В.В. Панкратов, Д.А. Котин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 220 с.

СИНХРОННЫЙ ПОГРУЖНОЙ ДВИГАТЕЛЬ НЕФТЯНОГО НАСОСА С ДЕМПФЕРНОЙ ОБМОТКОЙ С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Н.А. Банщиков, Д.Ю. Бабицкий

**Научный руководитель: Д.М. Топорков, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
banshikov.nikita@mail.ru**

В данной статье представлены результаты разработки синхронного погружного двигателя с демпферной обмоткой с возбуждением от постоянных магнитов. Выявлена возможность пуска такого электродвигателя от станции построенной на частотном принципе управления.

Ключевые слова: синхронный двигатель, демпферная обмотка, частотный пуск.

Results of development of submersible oil permanent magnet synchronous motor with damper winding are presented in the paper. The possibility to start the motor with variable-frequency control system is discussed.

Keywords: synchronous motor, damper winding, variable-frequency start.

В настоящее время самым распространенным способом пуска синхронного погружного электродвигателя является пуск электродвигателя при помощи станции, построенной по типу векторного бездатчикового управления. Несмотря на плюсы такой станции, она имеет существенные недостатки, заключающиеся в подборе параметров, устанавливаемых в самой станции и при малейшем изменении или не совпадении которых происходит сбой в запуске электродвигателя.

Объектом исследования является синхронный погружной электрический двигатель с демпферной обмоткой с возбуждением от постоянных магнитов, разрабатываемый на базе асинхронного двигателя ПЭДМТ-32-117. Статор исследуемого двигателя будет являться полным аналогом асинхронного. Специфической особенностью погружных электродвигателей является достаточно малый диаметр ротора, по сравнению с относительно большим диаметром вала, что накладывает ряд ограничений на конструкцию ротора. Это делает малоэффективным применение конструкции с концентрацией магнитного потока, поэтому была принята радиальная конструкция ротора, показанная на рисунке [1].

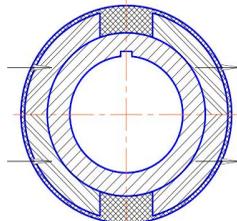


Рисунок 1 - Конструкция ротора

Роль демпферной обмотки в предлагаемой конструкции выполняет тонкостенный медный цилиндр, выполняющий также функцию бандажа постоянных магнитов.

Проведенный электромагнитный расчет показал, что двигатель обладает хорошими энергетическими показателями, не уступающими показателям других синхронных погружных электрических двигателей и асинхронному аналогу. Также был произведен тепловой расчет на

основе тепловых схем замещения с применением программы моделирования тепловых процессов Motor-CAD, в которой были учтены параметры окружающей среды и рабочее положение двигателя. Тепловой расчет подтвердил работоспособность разрабатываемого электродвигателя в заданных условиях и продолжительном режиме работы. Для исследования возможности пуска разработанного электродвигателя с помощью станции построенной на частотном принципе управления была использована программная среда MatLab и его приложение Simulink. Для моделирования переходных процессов была создана модель на основе готовых элементов библиотеки SimPowerSystem. Модель можно разделить на несколько блоков: блок задания параметров источника питания, блок управляемого источника питания, блок синхронной машины и измерительные блоки. Первые два блока позволяют получить на выходе трехфазное синусоидальное напряжение с переменной частотой f и амплитудой U_m , изменяющееся по закону $(U_m/f)=const$. Частота меняется от начального значения f_0 (Гц) до конечного f_1 (Гц) по линейному закону с темпом разгона Π , (Гц/сек). Блок синхронной машины включает в себя синхронную машину с электромагнитным возбуждением, блок нагрузки и блок возбуждения. Модель показана на рисунке [2].

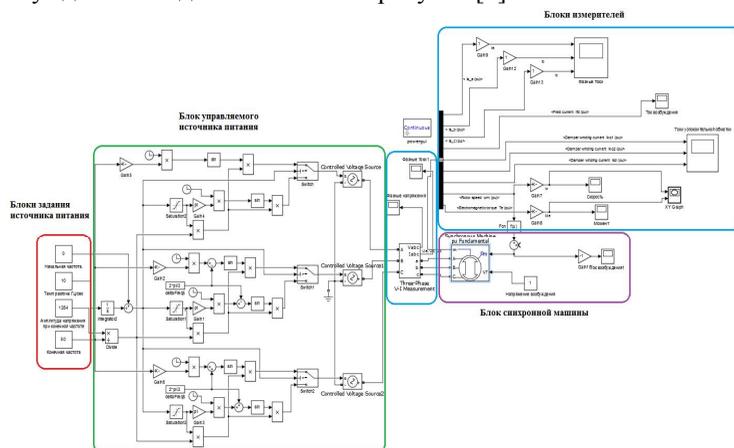


Рисунок 2 - Модель в программе Simulink для моделирования переходных процессов разрабатываемого электродвигателя

начинается незатухающий колебательный процесс при скорости вращения примерно равной 130 рад/сек. Амплитуда колебаний скорости увеличивается со временем. В итоге можно сделать вывод, что под нагрузкой синхронный двигатель без демпферной обмотки не запускается. Плавный пуск под нагрузкой двигателя с демпферной обмоткой, как показывают результаты моделирования, возможен. На протяжении всего процесса изменения частоты и амплитуды напряжения с момента времени от 0 до 30 секунд ротор разгоняется достаточно плавно, колебания в графиках скорости вращения ротора не наблюдаются. При выходе на частоту 50 Гц появляются колебания, вызванные инерцией ротора.

Список литературы

1. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин / И.П. Копылов. - Москва: Энергия, 1980. - 494 с.
2. Черных, И.В. SimPowerSystems: Моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink / И.В. Черных. - Екатеринбург: Азимут, 2001. - 204 с
3. Ермолин, Н.П. Электрические машины малой мощности / Н.П. Ермолин. - Москва: Высшая школа, 1967. - 503 с
4. Гиматудинов, Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта / Ш.К. Гиматудинов. - Москва: Недра, 1971. - 307 с.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ФУНКЦИЕЙ БЕЗУДАРНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА СЕТЬ

Е.А. Домахин

Научный руководитель: Д.А. Котин, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
Domakhin-Evgeniy@yandex.ru

В работе рассматривается разработка системы управления для осуществления безударного переключения асинхронного электропривода между преобразователем частоты и сетью. Предлагаются пути оптимизации данных процессов.

Ключевые слова: Безударное переключение асинхронного двигателя, станция частотного управления, регулятор фазы.

The article considers developing of control system for an induction motor's soft switching between three-phase mains and frequency converter. Means for the improvement of studied processes are suggested.

Keywords: Soft switching of an induction motor, variable frequency pumping unit drive, phase controller.

Современное развитие технологий сделало возможным применение электроприводов переменного тока для задач различной сложности. Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором в последние десятилетия стали широко распространенным типом электродвигателя для электроприводов как специального, так и общепромышленного применения (АД). Как известно, АД обладают достаточно хорошими эксплуатационными качествами [1], а хорошо разработанное векторно-матричное представление электромагнитных процессов в АД [1] позволяет применять целый ряд методов теории автоматического управления для синтеза системы управления электроприводом на базе

АД. В данной работе рассмотрена широко распространенная в производственных механизмах длительного действия схема станции частотного управления (СЧУ). Также в работе представлена математическая модель станции частотного управления. Преобразователь частоты (ПЧ) в данной схеме используется для регулирования скорости вращения АД ниже основной, а по достижении номинального режима, АД переводится на питание от сети. Такой способ питания двигателя обладает рядом преимуществ, но вместе с тем, в данной системе возможно возникновение достаточно опасного аварийного режима. В момент переключения АД с питания от ПЧ на питание от сети, вследствие конечности времени переключения контакторов схемы, АД на некоторое время оказывается отключенным от источника питания, и в нем протекают переходные процессы, вызванные затухающим полем ротора. Затухающее поле ротора наводит ЭДС на выводах обмотки статора. При последующем подключении двигателя к сети протекают переходные процессы, которые в зависимости от разности фаз ЭДС и напряжения сети могут вызывать броски тока статора, многократно превышающие номинальное значение.

Для изучения влияния разности фаз между ЭДС и напряжением сети на вид переходных процессов в электроприводе была разработана математическая модель АД с векторно –матричным представлением электромагнитных процессов [1]. Также были разработаны математические модели питающей сети и ПЧ с классической пофазной синусоидальной ШИМ [2]. Исследование проводилось для нескольких случаев: подключение АД происходит при затухшем поле ротора, подключение АД происходит в противофазе с ЭДС статора, а также в фазе с ЭДС. В результате исследования было получено, что восстановление напряжения питания в фазе ЭДС вызывает броски тока, многократно превышающие номинальное значение. Восстановление напряжения питания в противофазе с ЭДС вызывает незначительные броски тока, амплитуда которых меньше амплитудного значения пускового тока. Соответственно, для осуществления безударного переключения АД с ПЧ на сеть необходимо данное переключение

осуществить в момент, когда напряжение сети и ЭДС будут находиться в противофазе. Данное условие позволит избежать аварийных режимов работы электропривода, а, как следствие, продлит ресурс и повысит надежность всей системы. На следующем этапе работы были предложены силовая схема, осуществляющая безударное переключение, а также система управления. Задача данной схемы – осуществить выравнивание разности фаз между напряжением сети и напряжением с выхода ПЧ в соответствии с сигналом задания.

В данной работе для синхронизации фаз напряжений сети и ПЧ предлагается использовать адаптивные алгоритмы [1], основанные на представлении напряжений в виде результирующих векторов. В качестве регулятора фазы применяется ПИ–регулятор, основной задачей которого является компенсация проекции вектора напряжения ПЧ на поперечную ось системы координат, ориентированной по вектору напряжения сети.

Задачами для дальнейших исследований можно поставить разработку универсальной методики расчета и выбора элементов силовой схемы, а также элементов системы управления. Также целью дальнейших исследований является усложнение математической модели ПЧ и его представление в соответствии с процессами ШИМ.

Список литературы

1. Панкратов В.В., Котин Д.А. Адаптивные алгоритмы бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами подъемно-транспортных механизмов: учеб. Пособие /– Новосибирск: НГТУ, 2012. – 143 с.

2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. Екатеринбург: УРО РАН, 2000. 654 с

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ОБЕЗВЕШИВАНИЯ ДЛЯ МАНИПУЛЯЦИИ ИЗДЕЛИЙ НА ЭТАПАХ СБОРКИ

Е.Г. Иванов, А.Е. Головчан, К.Ю. Клаус

Научный руководитель: О.В. Нос, д-р техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
evgen_nsk00@mail.ru

Данная работа посвящена решению прикладной инженерной задачи по исключению перегрузки деталей или узлов с разными массами и формами, что особенно актуально в случае конвейерных линий, а также локализованных участков сборки и упаковки серийных изделий. Итоговым результатом выполненного исследования является оптимальная конструкция манипулятора с соответствующей системой управления, которые отвечают самым современным техническим требованиям как с точки зрения снижения металлоемкости, так и повышения надежности, что подтверждается проведенными прочностными расчетами.

Ключевые слова: автоматизация, манипулятор, мехатроника.

This research is devoted to the solution of the applied engineering problem to eliminate overloading of parts or assemblies with different weights and shapes, which is especially important in the case of conveyor lines, as well as localized assembly and packaging of serial products.

The final result of the research is an optimal design of the manipulator with an appropriate control system that meet the most modern technical requirements both in terms of reducing metal consumption and increasing reliability, which is confirmed by the strength calculations.

Keywords: automation, manipulator, mechatronics.

Манипулятор или балансир – это промышленное устройство, копирующее движения рук оператора и помогающее ему поднимать, переносить и устанавливать различного рода изделия при выполнении технологических операций. В рамках данного проекта разрабатывался манипулятор для установки сидений в кабины грузовых автомобилей, при производстве которых возникают ряд проблемных задач, связанных с определенным тактом выпуска продукции, большим количеством тяжелых и крупногабаритных узлов и ограниченным временем, зависящем от конкретного производственного цикла конвейера.

В качестве основных требований, выступающих в качестве исходных данных на начальном этапе проектирования манипулятора, выступают:

- конструкция манипулятора, призванная обеспечить требуемую кинематику, удовлетворяющую технологической задаче;
- система управления, позволяющая выполнить правильность и плавность всех движений манипулятора с требуемым быстродействием в совокупности с соблюдением условий безопасности персонала и защиты перемещаемых изделий от повреждения.

В ходе выполнения проекта была спроектирован напольный консольный манипулятор с рычажным механизмом типа "пантограф", который реализует плоскопараллельное движение. С помощью метода конечных элементов в программном продукте Ansys, конструкция была рассчитана на прочность, жесткость и вибрации, по результатам которых металлоёмкость несущих элементов сократилась на 14% по сравнению с аналогами. Внешний вид спроектированного электропневматического манипулятора представлен на рисунке 1, на котором также показаны его основные составные части.

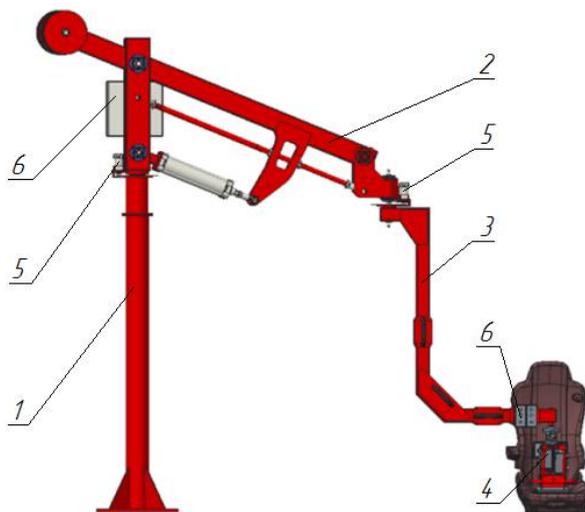


Рисунок 1 - Внешний вид манипулятора электропневматического:

- 1 – колонна с поворотной стойкой;*
- 2 – узел вертикального перемещения; 3 – поворотный рычаг;*
- 4 – грузозахватное приспособление;*
- 5 – механизм блокировки поворота движущихся частей;*
- 6 – система управления*

В процессе синтеза системы управления было предложено два возможных варианта компенсации веса груза, основанные на использовании блока измерения веса, в котором заложена информация о массе объекта, грузозахвата и возможной оснастки, а также с помощью тензочувствительного элемента. Техническая реализация предложенного алгоритма компенсации в режиме реального времени базируется на цифровом быстродействующем контроллере управления с частотой опроса до 1000 раз в секунду, который считывает аналоговый сигнал тензодатчика и на основании полученной информации формирует управляющее воздействие с целью парирования текущего веса объекта в грузозахватном устройстве. Оснащение автоматизированной системы тензодатчиком особенно актуально для поточной линии, в которой используются комплектующие детали

различных массогабаритных показателей. Так, например, масса аккумуляторных батарей для автомобилей на одном и том же конвейере в процессе производства может варьироваться в пределах 40%, а вес различных стекол или панелей в 2-3 раза, т.е. практическое применение предлагаемого технического решения приводит к снижению потерь времени на переналадку и делает манипулятор более универсальным.

Задачу компенсации веса выполняет подсистема привода, регулирующая силу и учитывающая кинематическую структуру манипулятора, которая состоит из одного или двух электропневматических пропорциональных регуляторов давления и специально разработанного пневмоцилиндра с уменьшенной силой трения, достигаемой за счет отсутствия уплотнения на штоке и применения модифицированного материала PTFE для поршневой манжеты. Сила трения в цилиндре определяет конечное усилие, прикладываемое оператором при манипулировании, и, как правило, не превышает 3 кгс. Совместное применение блока измерения веса и чувствительного к внешнему воздействию силового пневмопривода позволяет манипулятору достаточно быстро реагировать как на силу, которую прикладывает оператор в вертикальной плоскости, так и на ее производную, обеспечивая, таким образом, удобную для оперативного персонала скорость перемещения деталей. Кроме того, в данном случае достигается уменьшенное среднее потребление сжатого воздуха балансирными различной грузоподъемности, которое находится в диапазоне от 20 до 100 Нл/мин.

В систему управления манипулятором также заложена отдельная функция, которая реализует мгновенный останов всех его звеньев в аварийных режимах работы, вследствие чего достигается требуемый уровень безопасности обслуживающего персонала и защиты перемещаемого груза от повреждения. Так, например, при пропадании электрической энергии, грузозахватное устройство будет заблокировано в положении захвата объекта. При другой аварийной ситуации, которая связана с превышением максимальных значений сил, прикладываемых к грузозахвату, или захвате предельно-допустимого груза, манипулятор перемещается в нижнюю точку и отключается от питающей линии.

Таким образом, конечным результатом выполненной разработки стали оптимизированная под технические требования конструкция и автоматизированная система управления, которые в комплексе обеспечивают необходимое быстродействие, точность и безопасность. Технические характеристики разработанного электропневматического манипулятора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики манипулятора

Грузоподъёмность, кг	не более 60
Высота подъёма, мм	Не более 1100
Давление в подводящей магистрали, бар	5...10
Класс очистки воздуха по ГОСТ 17433-80	не грубее 5-го
Напряжение питания, В	24 VDC
Максимально допустимый уровень шума по ГОСТ 12.1.003, дБА	85
Радиус обметания грузозахватного приспособления, мм	Не более 3150
Усилие на поднятие-опускание веса, Н	не более 30
Угол поворота рычага в горизонтальной плоскости	не более 350 градусов
Масса манипулятора, кг	не более 800

Список литературы

- 1.Белянин П.Н. Промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1973. – 400 с.
- 2.Нагорный В.С., Денисов А.А. Устройства автоматики гидро- и пнев-мосистем. – М.: Высшая школа, 1991. – 367 с.
- 3.Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике. – М.: ФИЗЛИТМАТ, 202. – 392 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗДАТЧИКОВЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕТОДОМ ЛОКАЛИЗАЦИИ

М.А. Комазенко

**Научный руководитель: Е.С. Кучер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
m.komazenko2010@yandex.ru**

В докладе рассмотрен синтез многоконтурной системы управления асинхронным электроприводом методом локализации, также с помощью программного пакета MATLAB Simulink проведено сравнение характеристик систем управления асинхронным двигателем, синтезированные методом локализации и классической методикой системы подчиненного регулирования.

Ключевые слова: векторное управление, асинхронный двигатель, бездатчиковый электропривод, метод локализации.

In the report considered the synthesis of multi-loop control system of induction motor drive by localization method. Also, using the software package MATLAB Simulink conducted comparing performance management systems induction motor drive, synthesized by the localization method and classical technique subordinate regulation.

Keywords: vector control, asynchronous motor, sensorless electric drive, localization method.

Асинхронный двигатель (АД) имеет такие преимущества, как несложная технология изготовления, простота эксплуатации, высокая надежность и способность к перегрузкам. Благодаря этим свойствам АД нашел широкое применение в промышленности. Однако управление частотой вращения АД в широком диапазоне значительно сложнее, чем двигателя постоянного тока [1].

Наиболее перспективным в настоящее время является принцип векторного управления асинхронным электроприводом (ЭП), позволяющий рассматривать АД как двухканальный объект (аналог двигателя постоянного тока с независимым возбуждением) в координатной системе, ориентированной по вектору потокосцеплений ротора, и независимо воздействовать на продольную (намагничивающую) и поперечную (моментообразующую) составляющие вектора токов статора для управления магнитным состоянием машины и электромагнитным моментом соответственно [2].

В работе рассмотрен структурный и параметрический синтез многоконтурной системы управления асинхронным электроприводом на базе системы подчиненного регулирования (СПР). В данной методике расчет параметров всех регуляторов токов, потокосцепления и скорости системы управления асинхронным электроприводом осуществляется методом локализации.

В основе методики лежит уравнение ошибки рассогласования желаемого и получаемого на выходе соответствующего регулятора сигналов. Контур регулирования тока статора АД являются контурами быстрых движений (КБД), а контуры управления потокосцеплением и скоростью ротора являются контурами медленных движений (КМД), при том, что контур регулирования частотой вращения ротора имеет самое низкое быстродействие в СПР.

Все упомянутые выше контуры регулирования координат состояния АД можно описываются тремя дифференциальными уравнениями: закон управления, уравнение желаемых движений и уравнение дифференцирующего фильтра (ДФ). По полученной системе уравнений осуществляется структурный синтез системы управления АД и определяется характеристический полином каждого контура. Задаваясь значениями постоянной времени ДФ, степенью разделения движения и коэффициентами нормированного полинома, реализуется параметрический синтез коэффициентов интегральной и пропорциональной составляющих каждого регулятора.

Применение данной методики позволяет обеспечить малую чувствительность системы управления к изменениям параметров схемы

замещения асинхронного двигателя, а также к действиям сигнального возмущающего воздействия.

Результаты синтеза были проверены в среде программного пакета MATLAB Simulink, также проведен сравнительный анализ характеристик систем управления асинхронным двигателем, синтезированные методом локализации и классической методикой СПР.

Использование бездатчикового ЭП позволяет исключить датчики потокосцепления и частоты вращения ротора, однако возникает необходимость в дополнении системы управления электроприводом алгоритмами идентификации основных координат состояния АД, структурный и параметрический синтез которых будет осуществлен в дальнейшем.

Список литературы

1. Панкратов В.В., Зима Е.А. Энергооптимальное векторное управление асинхронными электроприводами: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 93 с.

2. Панкратов В.В. Векторное управление асинхронными электроприводами: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – 66 с.

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ ПРОДОЛЬНО-СТРОГАЛЬНОГО СТАНКА

М.В. Королихин

**Научный руководитель: Д.А. Котин, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
korolihin75@gmail.com**

Доклад посвящен разработке электропривода подачи на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Рассмотрены

способы проектирования электропривода подачи. Описан синтез регуляторов системы векторного управления.

Ключевые слова: электропривод подачи, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, продольно-строгальный станок, векторное управление.

The report deals with the development of feeder on basis of the cage induction motor. The method of feeder design is also overviewed. Besides, the regulator synthesis of the vector control is described here.

Keywords: feeder; cage induction motor; metal-planing machine; vector control.

В настоящее время большинство электроприводов (ЭП) подачи продольно-строгальных станков оснащено двигателями постоянного тока, либо устаревшими системами с числовым программным управлением (ЧПУ). Модернизация станка подразумевает как восстановления работоспособности, так и повышение технологической оснащенности.

Преимущество модернизации по сравнению с приобретением нового оборудования заключается в получении более технологичного станка, не изменяя планировки цеха, установив его на прежнее место. Также это касается и финансовой стороны, где покупка нового оборудования к модернизации может достигать больших соотношений.

В проводимом научном исследовании разрабатывается система автоматизированного ЭП подачи многокоординатного станка с ЧПУ на базе АДКЗР. Работа электропривода подачи заключается в перемещении резца относительно детали закрепленной на столе. Перемещение резца осуществляется в момент обратного хода стола продольно-строгального станка. Режим работы электропривода подачи повторно-кратковременный (ПВ=35%).

По результатам проведенных расчетов, был выбран двигатель 4А80В4У3 номинальной мощностью 1,5 кВт и синхронной частотой

вращения 1500 об/мин. К двигателю был подобран планетарный редуктор АЕ205 с передаточным числом 90. Далее была выполнена проверка двигателя и редуктора на перегрузочную способность и на перегрев.

При математическом описании АДКЗР были сделаны следующие допущение: влиянием нелинейной кривой намагничивания на характер электромагнитных переходных процессов пренебрегается, т.е. коэффициент равен константе или изменяется очень медленно [1]. Анализ, синтез и реализация алгоритмов векторного управления АДКЗР осуществляется за счет ориентации вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора. Этот способ ориентации наиболее рационален для АДКЗР с точки зрения управления электромагнитным моментом.

Синтез регуляторов проводился на основе принципа разделения движения. Принцип подразумевает разделение темпов процессов в системе автоматического регулирования. Для проведения синтеза необходимо определить передаточную функцию контура регулирования в замкнутом состоянии и приравнять ее характеристический полином к нормированному. Задаваясь желаемыми коэффициентом формы и среднегеометрическим корнем, находим параметры регуляторов.

Чтобы обеспечить в контурах тока, скорости и потокосцепления ротора оптимального быстродействия и колебательности переходных процессов, были получены пропорционально-интегральные регуляторы. В контуре положения был синтезирован пропорциональный регулятор в режиме малых перемещений, который обеспечивает астатизм по управляющему воздействию. Также синтезирован контур ЭДС, в результате был получен интегральный регулятор. С помощью регулятора ЭДС возможно реализовать зависимое ослабление магнитного потока и выход во вторую зону регулирования скорости АДКЗР.

В работе также проводилось сравнение зависимого и независимого способов ослабление магнитного потока.

Дальнейшими исследованиями будут синтез контура положения в режиме больших перемещений с детальным исследованием всех возможных режимов работы ЭП подачи металлорежущего станка.

Список литературы

1. Панкратов В.В., Котин Д.А. Адаптивные алгоритмы бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами подъемно-транспортных механизмов: учеб. пособие/– Новосибирск: НГТУ, 2012. – 143 с.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

В.Г. Кравченко

**Научный руководитель: Е.С. Кучер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
valensiya_0510@mail.ru**

В данной работе производится анализ динамических свойств систем автоматического управления асинхронным электроприводом, синтезированные по принципу векторного управления.

Ключевые слова: электропривод, асинхронный двигатель, принцип векторного управления, система управления.

In this paper made analysis of the dynamic properties of speed system control for induction motor drive, synthesized by the principle of vector control.

Keywords: induction motor, principle of vector control, system control.

В массовых системах регулируемого электропривода, применяющихся в настоящее время в промышленности, наибольшее распространение получил электропривод переменного тока, в особенности, потребляющий более половины всей вырабатываемой энергии, асинхронный электропривод (ЭП).

Наиболее перспективным способом построения системы управления является принцип векторного управления асинхронным ЭП. Достоинствами векторного способа является высокий уровень точности при регулировании скорости, большой диапазон регулирования скорости (1000:1), быстрое реагирование на возможное изменение нагрузки, высокий уровень КПД двигателя, за счет сниженных потерь из-за намагничивания и нагрева [1].

В докладе рассматривается структурный синтез системы векторного управления асинхронным электроприводом. Принцип векторного управления позволяет рассматривать асинхронный двигатель как двухканальный объект в координатной системе, ориентированной по вектору потокоцеплений ротора, и независимо воздействовать на продольную и поперечную составляющие вектора токов статора для управления магнитным состоянием машины и электромагнитным моментом [2].

В качестве объекта управления был выбран электропривод переменного тока, содержащий реверсивный управляемый вентильный преобразователь, работающий с постоянными малыми углами регулирования и инвертирования. Выпрямитель нагружен на транзисторный автономный инвертор напряжения. Такая структура преобразователя позволит независимо от режима работы ЭП обеспечить высокий коэффициент мощности силовой цепи, а реализуя законы векторного управления обеспечить наилучшие динамические и статические показатели системы регулирования.

Одним из этапов проектирования системы управления электроприводом являлось составление математической модели объекта управления. При записи были приняты допущения в соответствии со вторым законом Кирхгофа, уравнений электрического равновесия обмоток асинхронной машины. Для объекта управления выбран

двигатель серии 4A250S6Y3. По справочнику определили относительные значения параметров Г-образной схемы замещения. По уже имеющимся формулам рассчитали абсолютные значения параметров для Т-образной схемы замещения и номинальное значение модуля вектора потокосцепления ротора.

Алгоритмы векторного управления скоростью асинхронного ЭП базируются на принципах подчиненного регулирования и разделения движения, позволяющие представить систему управления в качестве многоконтурной, где внутренними контурами будут являться контуры регулирования тока статора ЭП по продольной и поперечной осям, внешними контурами - контуры регулирования потокосцепления и скорости ротора асинхронного двигателя.

Для подтверждения правильности структурного и параметрического синтеза алгоритмов векторного управления асинхронным ЭП, в дальнейшем, планируется провести цифровое моделирование, посредством программного пакета MATLAB Simulink.

Список литературы

1. Панкратов В. В., Зима Е.А. Энергооптимальное векторное управление асинхронным электроприводом. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005.

2. Панкратов В.В., Котин Д.А. Адаптивные алгоритмы бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами подъемно-транспортных механизмов. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012.

АЛГОРИТМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ТЕКУЩЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ БЕЗДАТЧИКОВОГО ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А.В. Кушнир

Научный руководитель: Е.С. Кучер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
alino4ka_1994k_v@mail.ru

В данной работе рассматриваются особенности построения системы управления бездатчиковым общепромышленным асинхронным электроприводом с применением алгоритмов предварительной и текущей идентификации.

Ключевые слова: бездатчиковый электропривод, алгоритмы идентификации.

In this paper, consider the features of construction a control system for sensorless general industrial induction motor drive using the algorithms offline and online identification.

Keywords: sensorless general industrial induction motor drive, algorithms offline and online identification.

Регулируемый электропривод на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АД) в силу своих технико-экономических показателей является в настоящее время одним из самых перспективных для применения в условиях современного промышленного производства. Современные системы управления, построенные на цифровых микроконтроллерах, позволяют эффективно управлять как разомкнутыми асинхронными электроприводами (АЭП), предназначенными для общепромышленного применения, так и

замкнутыми АЭП специального применения, характеризующимися высокими точностью и быстродействием.

В последние годы широкое развитие и применение получили так называемые бездатчиковые электроприводы. Под термином «бездатчиковые» понимается отсутствие в системе любых датчиков, кроме тех, которые могут быть установлены внутри силового преобразователя частоты (ПЧ), а именно, датчиков токов и напряжений статора двигателя, датчик напряжения звена постоянного тока ПЧ. Это значительно снижает стоимость и повышает надежность электропривода. Бездатчиковые алгоритмы частотного управления используются в электроприводах, в частности, в АЭП общепромышленных механизмов, которые не требуют предельного быстродействия, работают преимущественно в установившемся режиме и не обладают широкими диапазонами регулирования скорости (до 100:1). [1]

Отказ от датчиков переменных механического движения электропривода, соединение ПЧ (и системы управления) с двигателем только силовым кабелем при частотном управлении АД обуславливают необходимость косвенного определения ряда координат состояния. Это, прежде всего, частота вращения ротора. Вычисление оценок координат состояния АД осуществляется на основе измеренных токов и напряжений статора двигателя с помощью специальных алгоритмов идентификации (идентификаторов).

Системы управления современными бездатчиковыми электроприводами в своей структуре содержат непосредственно алгоритм управления (регуляторы), идентификатор неизмеряемых координат состояния, алгоритм текущей идентификации существенно изменяющихся параметров и алгоритм предварительной идентификации параметров АД.

Алгоритмы активной предварительной идентификации, применяются для определения параметров асинхронного двигателя на этапе подготовки электропривода к работе. Активная идентификация подразумевает использование специальных тестовых воздействий, с

помощью которых выделяется тот или иной параметр, значение которого необходимо узнать.

Алгоритмы пассивной текущей или динамической идентификации используются уже непосредственно в процессе работы электропривода. И применяется данный алгоритм, для определения каких-либо изменений параметров электродвигателя вследствие изменения его теплового состояния, в заданном режиме работы. Пассивная идентификация проводится таким образом, чтобы не вмешиваться в ход технологического процесса, а для выявления интересующего параметра использует характерные особенности переходных процессов, например, по току статора. [2]

В дальнейшем работа будет заключаться в разработке и исследование алгоритмов идентификации и частотного управления, обеспечивающих высокое качество регулирования координат АЭП.

Список литературы

1.Панкратов В.В., Маслов М. О. Задачи синтеза алгоритмов идентификации для бездатчиковых асинхронных электроприводов с векторным управлением и вариант их решения// Силовая интеллектуальная электроника. 2007. №1(6).

2.Панкратов В.В. Тенденции развития общепромышленных электроприводов переменного тока на основе современных устройств силовой электроники // Силовая интеллектуальная электроника. 2005. №2. С. 7 – 11.

АСУ ТП УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ЗАМАЗУЧЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

П.Д. Петрунькина

Научный руководитель: М.Е. Вильбергер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
p.p.d.29@mail.ru

В работе рассмотрены этапы разработки автоматической системы управления установки очистки замазученных сточных вод. Система управления включает в себя следующие компоненты: контроллер Siemens S7 с модулями расширения и автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора с установленной SCADA-системой Simatic WinCC. На основе описания технологического процесса и технологической схемы разработана современная система автоматизации.

Ключевые слова: автоматизация, сточные воды, технологический процесс, надежность, очистка, система управления.

In this work considered development stages of the automatic control system installation cleaning of oil contaminated wastewater. The control system includes the following components: Siemens S7 controller with expansion modules and the automated workplace (AWP) operator with an installed SCADA system Simatic A modern automation system was developed based on of the technological specification and scheme.

Keywords: automation, waste water, technological process, reliability, cleaning, control system.

Установка очистки замазученных сточных вод является частью системы для очистки нефтесодержащих сточных вод от нефтепродуктов

(мазута, масел) с целью повторного использования очищенной воды в технологическом цикле.

Очистные сооружения предназначены для очистки производственных сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ, а также для обработки осадков, образующихся в процессе очистки.

В состав очистных сооружений входят 4 блочных установки: первичная очистка поступающих сточных вод происходит в «Блоке первичной очистки»; физико-химическая очистка сточных вод реализуется в «Блоке физико-химической очистки»; механо-сорбционная очистка происходит в «Блоке фильтрационной очистки» и обработка флотопены, образующейся в результате работы «Блока физико-химической очистки», происходит в «Блоке обезвоживания шлама». Каждая установка содержит в себе отдельные управляемые элементы (электродвигатели насосов, приводы арматуры и т.п.).

При регулировании технологического процесса установки очистки замазученных стоков основное внимание уделяется четырем параметрам: давление, уровень, расход и температура.

Установленные на данный момент средства КИПиА на технологических объектах установки очистки замазученных сточных вод хоть и отвечают требованиям технологического регламента, однако их обслуживание сопряжено с большими временными и трудовыми затратами обслуживающего персонала.

Интеграция разработанной системы автоматического регулирования позволит свести к минимуму влияние человека на протекание технологического процесса, а высокое быстродействие и контроль за максимально допустимыми параметрами позволит своевременно устранять возникающие неисправности.

АСУ ТП установки выполняет следующие функции: контроль состояния технологического процесса; регулирование параметров процесса; управление отдельными технологическими узлами по специальным алгоритмам; сигнализация отклонения контролируемых параметров от нормы; сигнализация срабатывания систем защиты; визуализация технологических параметров на экранных формах в удобном для оператора виде; формирование журнала аварийных

сообщений и критических событий с записью на внешний носитель в формате офисного приложения.

Для обеспечения функций визуализации, накопления, архивирования параметров и дистанционного управления технологическими процессами установки очистки замазученных сточных вод в операторной АСУ ТП установлены автоматизированные рабочие места (АРМ-оператора) оперативно-технологического персонала с пакетом программного обеспечения.

Внедрение АСУ ТП на предприятии позволит улучшить качество ведения технологического процесса, повысить надежность системы управления и оперативность действий обслуживающего персонала.

Список литературы

1. Громаков, Е.И. Автоматизация нефтегазовыми технологическими процессами [Текст] : учеб. пособие. - Томск: Изд-во ТГУ, 2010. - 173 с.;
2. Каменский, И.А. Процессы и аппараты нефтяной и газовой промышленности [Текст] / Каменский И.А. Ведерников В.А., Овчиникова В.А.: учеб. пособие – Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2002. – 193 с.

УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ МЕТРОПОЛИТЕНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

П.Д. Петрунькина

**Научный руководитель: М.Е. Вильбергер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
p.p.d.29@mail.ru**

Энергопотребление вентиляции метрополитена составляет значительную величину, на вентиляцию расходуется приблизительно 14-25% от общего объема потребления энергии. В работе предлагается воспользоваться управлением вентиляционных агрегатов

с применением нечеткой логики, ее использование позволяет уменьшить вмешательство оператора в процесс управления.

Ключевые слова: автоматизация, технологический процесс, метрополитен, энергоэффективность, энергопотребление, нечеткая логика.

Power consumption ventilation underground is a significant amount for ventilation spent about 14-25% of total energy consumption. In this work it is proposed to use controlled ventilation units with the use of fuzzy logic, its use reduces operator intervention in the management process.

Keywords: automation, technological process, underground, energy efficiency, power consumption, fuzzy logic.

Вентиляция – одна из важнейших систем метрополитена, задача которой заключается в поддержании благоприятных параметров микроклимата на станции. Энергопотребление вентиляции метрополитена составляет приблизительно 14-25%.

Управление вентиляционными агрегатами метрополитена должно осуществляться, в зависимости от температуры, влажности, давления и концентрации углекислого газа на платформе, а также, количества пассажиров на станции. Применение такой автоматической системы управления, позволит повысить экономичность, точность и надежность управления вентиляцией.

Основной проблемой создания алгоритма управления вентиляцией метрополитена является нелинейность характеристик объекта управления. В полной мере это относится к вентиляции метрополитена, которая фактически не поддается строгому математическому описанию ее поведения при многочисленных и динамически изменяющихся внешних обстоятельствах.

Для того, чтобы решить данную проблему, предлагается реализовать систему управления вентиляционных агрегатов с применением нечеткой логики, что позволит уменьшить вмешательство оператора в

процесс управления и, следовательно, даст возможность разработать новые методики управления, более адаптированные к объекту.

Регуляторы, построенные на базе нечеткой логики, в ряде случаев способны обеспечивать более высокие показатели качества переходных процессов по сравнению с классическими регуляторами, однако в этом случае предполагается наличие «базы правил», т. к. динамика изменения параметров микроклимата во многом зависит от индивидуального архитектурного исполнения станции, ее расположения на линии метрополитена, интенсивности пассажиропотока и т.д. Создание такой базы становится возможным с внедрением АСУ ТП. Применение SCADA системы позволит формировать «базу правил» в автоматическом режиме.

Системы с нечеткой логикой функционируют по следующему принципу: показания измерительных приборов фазифицируются (переводятся в нечеткий формат), обрабатываются, дефазифицируются и затем в виде обычных сигналов подаются на исполнительные устройства.

Список литературы

1. Цодиков В.Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов.: Изд. 2-е, перераб., 1975. - 568 с.
2. Красюк А.М. Тоннельная вентиляция метрополитенов / А.М. Красюк. – Новосибирск: Наука, 2006 – 164 с.
3. Зедгенизов Д.В. Новый подход к управлению проветриванием метрополитенов мелкого заложения // Горный информационно-аналитический бюллетень. Тематическое приложение "Безопасность".: М. МГУ. – 2005. – С. 312 – 323.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗДАТЧИКОВЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕТОДОМ БОЛЬШИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

А.И. Ромащенко

**Научный руководитель: Е.С. Кучер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
nastasiaromaschenko@mail.ru**

В данной работе был произведен синтез системы векторного управления электроприводом переменного тока методами подчиненного регулирования и больших коэффициентов. В качестве объекта исследования был взят асинхронный двигатель. Система векторного управления электроприводом переменного тока с датчиками скорости и потока сцепления была смоделирована в программной среде MATLAB Simulink.

Ключевые слова: Система векторного управления, электропривод переменного тока, система подчиненного регулирования, метод больших коэффициентов.

In this work it was synthesized vector control system of induction motor drive by slave control method and high gains method. Induction motor drive was taken for the object of study. Vector control system of induction motor drive with speed and flux sensors modeled in the software environment MatLAB Simulink.

Keywords: Vector control system, induction motor drive, slave control system, high gains method.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (АДКЗР) имеет такие преимущества, как высокая надежность, дешевизна и наименьшая требовательность в эксплуатации. АДКЗР также имеет и недостатки, в числе которых сложное регулирование скорости в широких диапазонах.

Для регулирования скорости АДКЗР применяется векторное управление, которое позволяет рассматривать АДКЗР как двухканальный объект подобно двигателю постоянного тока с независимым возбуждением в координатной системе, ориентированной по вектору потокосцеплений ротора. Векторное управление также позволяет независимо воздействовать на продольную (намагничивающую) и поперечную (моментаобразующую) составляющие вектора токов статора для управления магнитным состоянием машины и электромагнитным моментом соответственно.

В работе рассмотрен структурный и параметрический синтез системы управления асинхронным электроприводом на базе системы подчиненного регулирования (СПР). Структуры регуляторов токов по продольной и по поперечной осям одинаковы и все регуляторы представлены в полеориентированной системе координат (d,q) . В рассматриваемой методике расчет параметров всех регуляторов системы управления асинхронным электроприводом осуществляется в соответствии с астатическим законом управления методикой больших коэффициентов (МБК), с применением дифференцирующих фильтров в контурах регулирования составляющих тока статора АДКЗР.

Результаты синтеза были смоделированы в программном пакете MATLAB Simulink. Также цифровое моделирование позволило провести сравнительный анализ показателей качества переходных процессов систем управления АДКЗР, синтезированные МБК и классической методикой подчиненного регулирования, при условии задания одинакового быстродействия рассматриваемых систем управления.

Использование векторного управления АДКЗР подразумевает вычисление оценки потокосцепления ротора, а оценка сигнала оценки частоты вращения ротора двигателя позволит исключить датчики положения ротора, однако возникает необходимость в построении алгоритма наблюдения основных координат состояния АДКЗР, которые не подлежат прямому измерению.

Список литературы

1. Панкратов В.В. Векторное управление асинхронными электроприводами: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – 66 с.
2. Панкратов В.В. Специальные разделы современной теории автоматического управления: учеб. пособие / В.В. Панкратов, Е.А. Зима, О.В. Нос. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 220 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСНОГО АГРЕГАТА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

А.Г. Титков

Научный руководитель: Е.С. Кучер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
anton_titkov@inbox.ru

В работе рассмотрена возможность регулирования магистрального насосного агрегата посредством изменения частоты питающей сети и, как следствие, изменения питающего напряжения и скорости вращения вала электропривода насоса. Результаты работы наглядно отображаются с помощью структурного моделирования системы в среде Matlab Simulink.

Ключевые слова: Автоматизация, частотное управление электроприводом, магистральный насосный агрегат.

In this paper considers the possibility of controlling the main pumping unit by changing the frequency of the supply network and, as a consequence, changing the supply voltage and the speed of rotation of the pump shaft of the pump. The results of the work are visually displayed using structural modeling of the system in the Matlab Simulink environment.

Keywords: Automation, frequency control of the electric drive, main pumping unit.

Для добычи нефтяной продукции возводится комплекс сооружений, представляющий собой, в первую очередь, нефтеперерабатывающие станции, включающие в себя механизмы и оборудование, такое как электроприводы и насосы для перекачки и транспортировки нефти. Совокупность электропривода и насоса образует насосный агрегат – мощное и основное оборудование в нефтяной и газовой промышленности.

В качестве электропривода выступают электрические двигатели переменного тока. При работе этого оборудования необходимо изменять режимы работы электродвигателей в широких пределах, поэтому к управляемым электроприводам переменного тока предъявляются повышенные требования по качеству и надёжности функционирования.

Для обеспечения бесперебойной работы насосных агрегатов и безопасной транспортировки нефти по трубопроводу требуется система управления. Современная система управления в нефтегазовой промышленности должна обеспечивать высокую надёжность, высокую точность регулирования частоты, иметь невысокую стоимость и, по возможности, простоту в эксплуатации и обслуживанию.

Одной из таких систем является система частотного регулирования электроприводом. Магистральные насосы нефтеперекачивающих станций оборудованы мощными синхронными и асинхронными электроприводами высокого напряжения. Это с одной стороны затрудняет использование частотно-регулируемого электропривода, но в то же время делает его внедрение чрезвычайно перспективным с точки зрения энергосбережения.

При использовании частотно-регулируемого электропривода регулирование производительности трубопровода осуществляется изменением частоты вращения электродвигателей и приводимых ими во вращение магистральных насосов без многочисленных включений и

отключений. За счет плавного изменения частоты вращения снижаются волны давления в нефтепроводе, вследствие чего повышается надежность трубопровода и трубопроводной арматуры и решается задача повышения экологической безопасности. Также к преимуществам ЧРЭП относят равный максимальному пусковой момент, возможность удалённой диагностики привода по промышленной сети, повышенный ресурс оборудования, уменьшение гидравлического сопротивления трубопровода из-за отсутствия регулирующего клапана, плавный пуск двигателя, что значительно уменьшает его износ.

В работе произведён синтез системы частотного управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором, произведён подбор двигателя, насоса, преобразователя частоты и сопутствующих устройств и регуляторов. Также основу работы составляют математическое описание насосного агрегата, расчёт характеристик, произведено моделирование системы в среде MatlabSimulink.

Список литературы

- 1.Шабанов В.А., Кабаргина О.В. Достоинства и перспективы использования частотно регулируемого электропривода магистральных насосов на НПС // Управление качеством в нефтегазовом комплексе, 2011. Т. 2. - С. 63-66
- 2.Туманский А.П. Оптимизация режимов перекачки по магистральным трубопроводам с перекачивающими станциями, оборудованными частотно-регулируемым приводом // Транспорт и хранение нефтепродуктов. - 2005.- №8.- С. 11-14.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗДАТЧИКОВЫМ СИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

А.А. Трофимов

**Научный руководитель: Е.С. Кучер, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
ksan93@mail.ru**

В данной работе представлен структурный и параметрический синтез системы управления синхронным электроприводом, построенный на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами. Также осуществляется переход к бездатчиковому электроприводу, посредством синтеза наблюдателя пониженного порядка.

Ключевые слова: синхронный электропривод, структурный и параметрический синтез, бездатчиковый.

The structural and parametric synthesis of a synchronous electrical drive management system based on synchronous motor with permanent magnets proposed in this work. Also the transition to a sensorless electrical drive carried out using the synthesis of a reduced order observer.

Keywords: synchronous electrical drive, structural and parametric synthesis, sensorless.

Вследствие более надежной работы электроприводов (ЭП) переменного тока, по сравнению с приводами постоянного тока, происходит замена электроприводов постоянного тока электроприводами переменного тока, большинство которых строится на базе асинхронных и синхронных двигателей, поэтому теория векторного управления ЭП переменного тока имеет широкое применение.

Синхронные двигатели имеют ряд преимуществ перед асинхронными аналогами. Синхронный двигатель обладает более высокими энергетическими показателями и меньшими массогабаритными показателями, по сравнению с асинхронным двигателем той же мощности. Также синхронный двигатель при снижении напряжения в сети сохраняет высокую перегрузочную способность по моменту, обладает большим сроком службы и надежностью.

На сегодняшний день наиболее распространенными системами векторного управления являются системы, использующие в качестве опорного вектора векторы главного потокосцепления машины или потокосцепления ротора, для управления как синхронными, так и асинхронными электроприводами.

Принцип векторного управления позволяет управлять трехфазной машиной переменного тока, как машиной постоянного тока, представляя ее как двухканальный объект управления в координатной системе, ориентированной по вектору потокосцепления ротора. Это позволяет независимо воздействовать на продольную намагничивающую и поперечную активную или моментобразующую составляющие вектора тока статора для управления магнитным состоянием машины и электромагнитным моментом соответственно, как в двигателе постоянного тока.

На практике достаточно часто встречается ситуация, когда не все компоненты вектора состояний доступны для измерения. В этом случае, чтобы в системе управления возможно было использовать обратную связь по координатам состояния ЭП, необходимо восстановить вектор координат состояния системы, недоступный для измерения. Для восстановления вектора состояний используются наблюдатели.

Работа посвящена синтезу системы векторного управления скоростью ЭП, основанная на известном принципе подчиненного регулирования, при этом контуры токов по продольной и по поперечной осям имеют одинаковую структуру и параметры. Контур скорости настраивается на симметричный оптимум, в результате передаточная функция регулятора скорости представляет собой пропорционально интегральный регулятор. Вследствие того, что используется синхронный двигатель с

постоянными магнитами, поток от ротора постоянен и контур регулирования потокосцепления отсутствует.

Вследствие того, что на все двигатели возможно установить датчик скорости, а зачастую, для установки датчика скорости приходится дорабатывать двигатель, был синтезирован наблюдатель пониженного порядка, для исключения датчика скорости, что должно повысить надежность системы и упростить монтаж системы управления.

Результаты структурного и параметрического синтеза системы векторного управления синхронным электроприводом были проверены и подтверждены посредством цифрового моделирования в среде программного пакета MATLAB Simulink.

Список литературы

1. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока /ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина – Иваново, 2008. – 298 с.

2. Панкратов В.В., Нос О.В., Зима Е.А. Избранные разделы теории автоматического управления: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 233 с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УТОЧНЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО МОСТОВОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

А.П. Червоненко

**Научный руководитель: Д.А. Котин, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
andrey-guitar@bk.ru**

Предлагается методика синтеза полупроводникового управляемого выпрямителя, выполненного по трехфазной мостовой схеме.

Рассматриваемый вариант примечателен тем, что при синтезе согласуются параметры реально существующих силовых элементов и их аналогов в среде matlab. Автоматическое получение угла регулирования достигнуто посредством разработанной системы импульсно-фазового управления. Результаты синтеза проиллюстрированы переходными характеристиками выпрямителя, работающего на активно-индуктивную нагрузку. Также представлены переходные процессы системы электропривода, полученной посредством включения в качестве нагрузки для преобразователя двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

Ключевые слова: Электропривод, трехфазная мостовая схема, система импульсно-фазового управления, тиристорный преобразователь.

The technique of synthesis of semiconductor controlled rectifier made according to the three-phase bridge circuit. Consider a remarkable fact that during the synthesis of consistent parameters of real power components and their analogues in matlab. Automatic angle adjustment achieved by the developed system pulse-phase control. Synthesis results are illustrated transient response of the rectifier operating on the active-inductive load. Also presents the transients of the drive system obtained by integrating the load for Converter DC motor-dependent excitation.

Keywords: Electric drive, three-phase bridge circuit, system pulse-phase control, thyristor converter.

Краткое вступление, постановка проблемы. В настоящее время требования технологического процесса достигли высокого уровня. Для его их выполнения нужно грамотно организовывать операции управления. Данные операции выполняются системой управления (оператор должен включать и выключать электропривод). В таких случаях имеет место внедрение автоматизированного электропривода, являющегося более эффективным и экономически целесообразным –

оператор освобождается от утомительного и однообразного труда. Наряду с этим повышается производительность труда, качество технологического процесса.

В настоящее время рынок электроприводов и систем автоматики предоставляет возможность выбора: можно легко найти как простой комплектный автоматизированный электропривод с невысокими динамическими показателями, так и высоко динамичные системы автоматизированного электропривода, предназначенные для управления технологическими комплексами [1; с. 15].

Цель работы, объект исследования. Необходимо провести анализ существующих моделей трехфазного мостового выпрямителя и составить свою систему, наиболее приближенную к реально существующим полупроводниковым выпрямителям. Получить качественные эпюры координат преобразователя, рассмотреть вариант включения двигателя постоянного тока независимого возбуждения в качестве нагрузки выпрямителя.

Достигнутый уровень процесса исследования. Анализ существующих моделей выпрямителей в литературе показывает, что большинство разработчиков склоняется к выбору релейных элементов и различного рода ключей для моделирования выпрямителей в среде matlab. В приведенном примере будет рассмотрен вариант выпрямителя, модель которого максимально приближена к реально существующим в промышленности тиристорным преобразователям.

На данный момент осуществлен выбор и рассчитаны параметры тиристоров, выбран электродвигатель, рассчитаны параметры трансформатора и приведены к соответствующим в среде matlab. Особенность моделирования трансформатора состоит в том, что некоторые параметры должны быть представлены в относительных единицах (в частности, активные и индуктивные сопротивления обмоток трансформатора). Это достигается посредством деления реального значения сопротивления первичной/вторичной обмотки на величину базового сопротивления соответствующей стороны [2; с. 158]

Аналогично для определения приведенного значения индуктивного сопротивления.

Существенным достижением является разработка системы импульсно-фазового управления (СИФУ). Данная система выполнена по принципу вертикального управления с линейным опорным сигналом. На рисунке 1 приведена структурная схема моделируемой системы управления, на рисунке 2 – двойные импульсы, полученные на выходе данной системы.

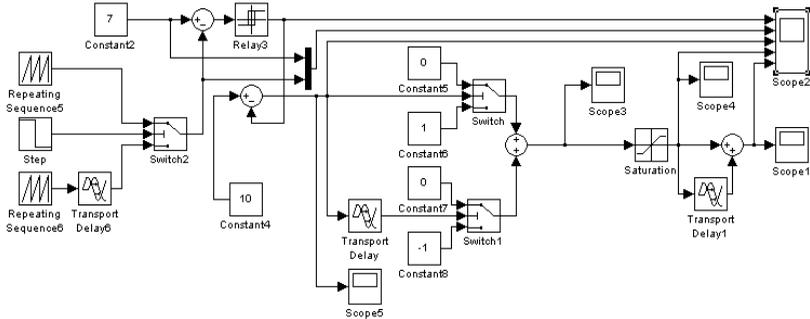


Рисунок 1 – Структурная схема СИФУ

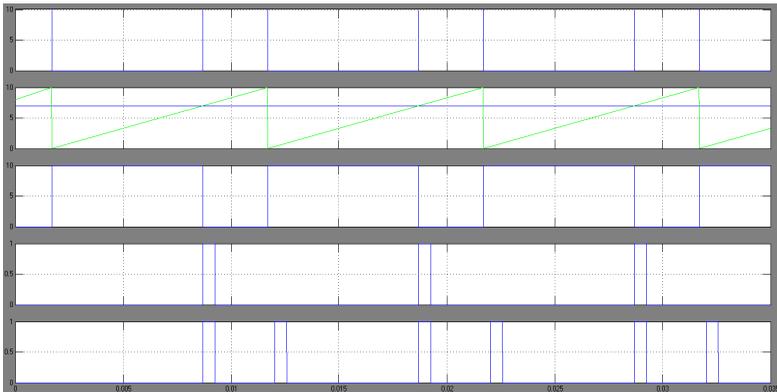


Рисунок 2 – Получение импульсов разработанной СИФУ

Для достижения желаемых показателей качества переходных процессов разработан регулятор, синтез которого осуществлен по принципу СПР.

На рисунке 3 приведены эпюры средневывпрямленного напряжения выпрямителя, работающего на активно-индуктивную нагрузку; на рисунке 4 – переходные процессы координат двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

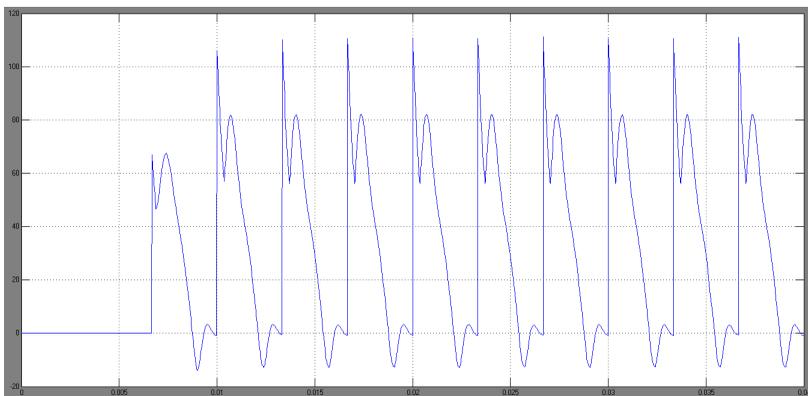


Рисунок 3 – Эпюры средневывпрямленного напряжения выпрямителя

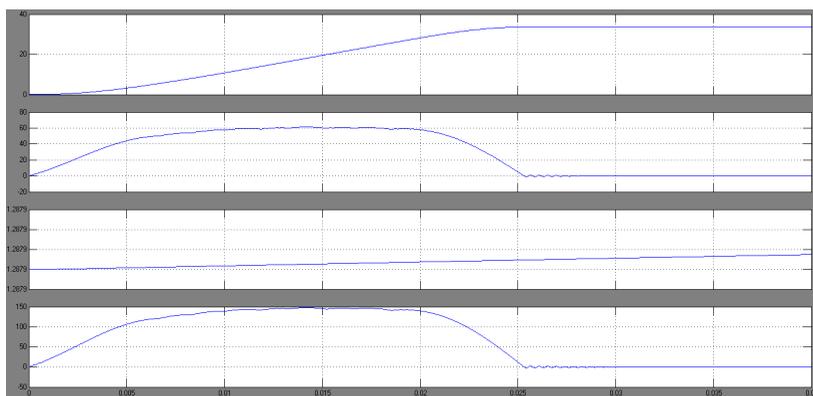


Рисунок 4 – Переходные процессы ДПТ НВ

Новизна результатов, область применения. Таким образом, в данной научной работе был рассмотрен уточненный подход в моделировании полупроводниковых выпрямителей (на примере трехфазной мостовой схемы выпрямления), заключающийся в максимальном приближении

структуры схемы к реальной, используемой в электроприводе. Этот результат после окончательной доработки существующей схемы можно использовать как для проектирования реального преобразователя на заводе-производителе, так и в дальнейшей исследовательской работе.

Список литературы

1.Щеклеина И.Л., Экономика и организация производства электроприводов: учебное пособие / И. Л. Щеклеина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2015 – 136 с.

2.Борисов П.А., Томасов В.С. Расчет и моделирование выпрямителей. Учебное пособие по курсу “Элементы систем автоматики” (Часть I). – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009 – 169 с.

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА СИСТЕМЫ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛИУ-20

К.С. Штро

**Научный руководитель: С.А. Чипурнов, канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет
sderzhal@mail.ru**

В статье рассматриваются аппаратные средства для контроля напряжений и токов индукторов ускорителя ЛИУ-20, создаваемого в ИЯФ СО РАН. Отмечены особенности установки, сформулирована необходимость разработки системы мониторинга и кратко рассмотрены её аппаратные средства.

Ключевые слова: ЛИУ-20, мониторинг.

This article discusses the hardware to measure voltage and current inductors of LIA-20 accelerator, which created in the Budker Institute of Nuclear Physics. The features of the installation are marked, articulated

necessity for a monitoring system is formulated and hardware of this system is reviewed.

Keywords: LIA-20, monitoring.

В Институте ядерной физики ведётся работа по созданию рентгенографического комплекса на основе линейного индукционного ускорителя (ЛИУ). Рентгенографический комплекс позволяет изучать поведение моделей ядерных боеприпасов при проведении неядерных испытаний [1].

В мире действует всего лишь пять комплексов для импульсной рентгенографии на базе ЛИУ: три в США и по одному во Франции и Китае. Создаваемый в ИЯФ СО РАН комплекс для импульсной рентгенографии является первым и единственным в России.

Для обеспечения качественного изображения необходимо иметь подробные данные, как о пучке, так и о функционировании элементов установки. Эти данные получаются с помощью разветвлённых многоканальных систем осциллографического и технологического мониторинга.

Настоящая работа посвящена разработке аппаратных средств системы осциллографического мониторинга ЛИУ-20, с учётом особенностей установки. В ней приводится структура линий быстрого осциллографического мониторинга, требования, предъявляемые к качеству съёма и передачи сигнала. Описана используемая и разработанная аппаратура для системы быстрого осциллографирования.

Наиболее полную информацию о работе установки предоставляют осциллограммы напряжений и токов индукторов – основных элементов ускорительного тракта. Пример этих сигналов для одного индуктора представлен на рисунке 1. Суммарное количество контролируемых элементов (каналов регистрации) достигает 480. Ускорительный тракт установки требует регистрации формы импульсных сигналов, имеющих напряжение до 30 кВ с погрешностью не хуже 0.5% в полосе 30 МГц.

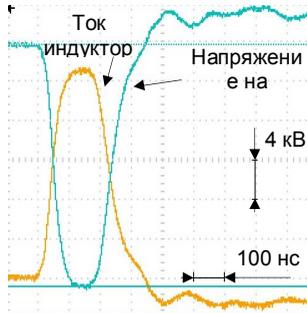


Рисунок 1 - Форма напряжения и тока на индукторе

Структура измерительного тракта одного канала, включающего высоковольтный делитель напряжения, трассу передачи сигнала, модуль согласования и осциллографический модуль представлена на рисунке 2, пунктирной линией выделен предмет данной работы.

Индуктор установки ЛИУ-2 представляет собой объёмный виток из нержавеющей стали с диаметром около 1 метра, внутри которого помещён кольцевой сердечник из аморфного железа. Через виток пропускается мощный импульсный ток (2-5 кА, 300 нс), создающий в сердечнике переменное магнитное поле. В результате возникает электрическое поле, совершающее работу над зарядами, чем и достигается ускорение. Полная энергия пучка будет определяться суммой напряжений на индукторах [2].

Широкополосный делитель напряжения предназначен для приведения напряжений с индукторов (30 кВ) к величине 15 В. Сигнальная полоса делителя должна быть не менее 30 МГц, а погрешность — не хуже 0.5%.

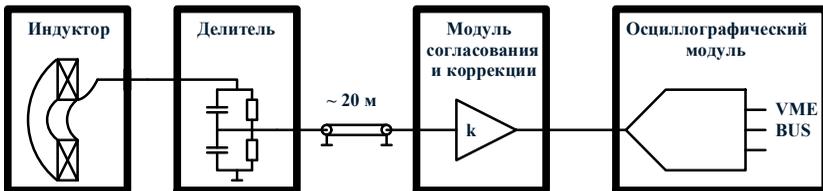


Рисунок 2 — Измерительный тракт индуктора

В качестве высоковольтных делителей напряжения для ЛИУ-20 выбраны резистивно-ёмкостные делители. Использование полностью ёмкостного делителя представляется возможным только при работе через короткий кабель на большое сопротивление нагрузки. Из-за наличия длинной кабельной трассы, время задержки которой 100 нс, сигнал на полке импульса будет спадать из-за разряда ёмкости нижнего плеча на малое волновое сопротивление линии. Использование данной методики потребует установки буферизирующего устройства непосредственно рядом с индукторами в радиационный зал.

Использование полностью резистивного делителя невозможно ввиду наличия у элементов межвыводной ёмкости ($\sim 0,2$ пФ) и ёмкости на окружающие конструкции (~ 2 пФ). Наличие ёмкостного сопротивления обуславливает появление искажений в заданной полосе частот.

Установка конденсаторов параллельно резисторам позволяет увеличить переменный ток через делитель, тем самым снизив вклад тока, которые вносят паразитные ёмкости, в итоговое напряжение. Достоинством такого решения является возможность использования резисторов большого номинала, оставаясь в широкой полосе частот. Это позволяет отбирать меньший ток и, как следствие, рассеивать меньшую мощность.

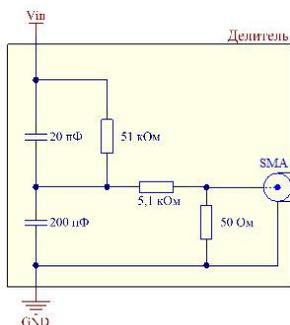


Рисунок 3 — Схема высоковольтного делителя напряжения

Однако для работы резистивно-ёмкостного делителя в широкой полосе частот необходимо обеспечить одинаковый коэффициент

деления омической и емкостной части. Для того, чтобы исключить искажения, обусловленные разбросом номиналов элементов и, как следствие, разными коэффициентами деления емкостной и резистивной части, постоянная времени ($P_{\text{н}}=RC$) делителя должна быть в три раза больше продолжительности импульса, то есть около 1 мкс.

Таким образом, можно заключить, что использование резистивно-емкостного делителя позволяет получить неизменный коэффициент деления в широкой полосе частот без установки электроники в радиационный зал.

Схема делителя приведена на рисунке 3. Высоковольтное плечо данного делителя образовано ёмкостью 20 пФ и сопротивлением 50 кОм. Низковольтное плечо делителя представляет собой ёмкость 200 пФ непосредственно на делителе и сопротивление 50 Ом на переходном модуле, включенное через 20 м коаксиального кабеля RG-58. Наличие ёмкости в нижнем плече требует безиндуктивного съёма, поэтому сигнал выводится через разъём типа SMA. Коэффициент деления данной схемы 1:2000.

Модуль согласования и коррекции состоит из базовой платы и платы сигнальных трактов. На рисунке 4 представлена структурная схема модуля-адаптера. Устройство выполнено в конструктиве евромеханика 3U.

Плата сигнальных трактов модуля-адаптера представляет собой 4 канала, принимающих сигнал от высоковольтных делителей. Далее этот сигнал фильтруется, приводится к диапазону АЦП и компенсирует искажения, вносимые длинной линией.

Базовая плата обеспечивает питание всех элементов модуля-адаптера. Также она содержит цепь блокировки, которая сигнализирует об исправности устройства.

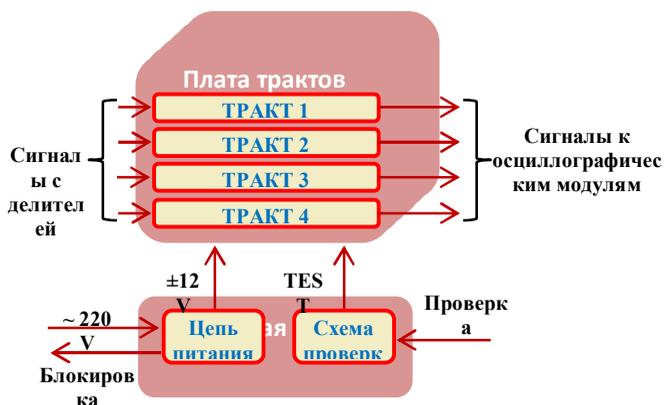


Рисунок 4 — Структурная схема модуля согласования и коррекции

Наличие большого количества каналов на установке ЛИУ-20 (480), входящих в систему «быстрого» мониторинга, объясняет необходимость их автоматической дистанционной проверки. Цель данного узла заключается в переводе устройства в режим тестирования, в котором можно проверить работоспособность и коэффициент передачи каждого из каналов и исправность сигнальной трассы. Перевод схемы в режим тестирования производится по приходу на управляющий вход модуля-адаптера управляющего импульса

Осциллографические модули обладают производительностью 250 MSPS, полосой 80 МГц и погрешностью измерения 0,1 %. Далее данные по шине VME-крейта, в котором установлены осциллографические модули, передаётся в базу данных.

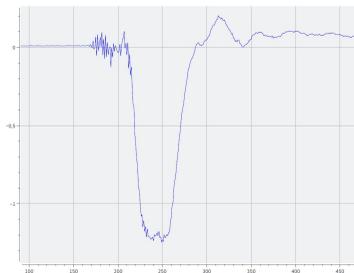


Рисунок 5 — Осциллограмма напряжения индуктора, полученная на испытательном стенде ЛИУ-20

На рисунке 5 приведены осциллограммы, полученные на испытательном стенде ЛИУ-20. Сигнал содержит быструю (25-30 МГц) и медленную (1-2 МГц) наводки. Они обусловлены высоковольтными элементами формирующих линий, излучающими большую мощность в окружающее пространство. Так как все они лежат в исследуемой полосе их фильтрация не представляется возможным.

Для их устранения предполагается как экранирование всего модуля, так и локальное экранирование передающих трактов. Также будут уменьшены габариты передающих трактов для уменьшения магнитной составляющей наводки.

Разработанные аппаратные средства используются для контроля напряжений ускоряющих секций, определения суммарной энергии пучка электронов. Также они помогают архивировать и статистически обрабатывать данные с целью определения надёжности работы элементов установки.

Работа выполнена в Институте Ядерной Физики им. Г.И.Будкера СО РАН, руководитель д.т.н. А.М. Батраков.

Список литературы

1. Takayama K., Briggs R. Induction Accelerators. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 355.
2. Вахрушин Ю. П. Линейные индукционные ускорители / Вахрушин Ю. П., Анацкий А. И. — М.: Атомиздат, 1978. — 245 с.

Оглавление

Бабицкий Д.Ю., Бакиев Р.Р., Банщиков Н.А.....	3
Байшуакова Т.Б.	6
Бакарев О.В.....	8
Банщиков Н.А., Бабицкий Д.Ю.....	10
Домахин Е.А.	15
Иванов Е.Г., Головчан А.Е., Клаус К.Ю.	18
Комазенко М.А.....	23
Королихин М.В.....	25
Кравченко В.Г.....	28
Кушнир А.В.....	31
Петрунькина П.Д.	34
Петрунькина П.Д.	36
Ромашенко А.И.....	39
Титков А.Г.	41
Трофимов А.А.	44
Червоненко А.П.....	46
Штро К.С.	51

**Интеллектуальный потенциал Сибири
Сборник научных трудов в 23 частях
г. Новосибирск, 24-25 мая 2017 г.
Часть 20**

под общ. ред. Н.В. Пустового

Подписано в печать 23.05.2017 г. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Уч.-изд. л. 3,48. Печ. л. 3,75. Тираж 100 экз. Заказ № 142

Отпечатано в типографии

Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20