

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривод и электрооборудование

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ НА БАЗЕ ТРН-АД

УДК 62-83-52: 621.646

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5А	Боровик К. О.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И. Г.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н. Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А. Г.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭПЭО	Дементьев Ю. Н.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Реферат

Магистерская диссертация состоит из 132 страницы, содержит 52 рисунка, 18 таблиц, 49 источников литературы.

Ключевые слова: АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ЭЛЕКТРОПРИВОД ЗАДВИЖКИ, ТИРИСТОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ, ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Целью магистерской диссертации является разработка имитационной модели электропривода задвижки на основе системы тиристорный регулятор напряжения-асинхронный двигатель, позволяющая проводить исследования различных динамических режимов электропривода, включая несимметричные и аварийные режимы.

Работа выполнена в текстовом редакторе MS Word, модель создавалась в программном продукте MATLAB, для компиляции кода модели использовалась программа Microsoft Visual Studio 2013, для расчетов использовалась программа Mathcad 2015.

Содержание

Введение.....	5
1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	7
1.1. Основные виды трубопроводной арматуры	7
1.2 Обзор задвижек	8
1.3 Особенности эксплуатации запорной арматуры.....	14
1.4 Обзор существующих систем электропривода задвижек.....	17
1.5 Функциональная структура системы ТРН-АД.....	22
1.6 Виды защит электропривода запорной арматуры	27
1.7 Требования, предъявляемые к электроприводу задвижек.....	29
2. ВЫБОР И РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ	32
2.1 Расчет параметров схемы замещения двигателя	32
2.2 Расчет электромеханических и механических характеристик	35
2.3 Выбор преобразователя	38
2.4 Выбор редуктора	40
3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗАДВИЖКИ	42
3.1 Имитационная модель системы ТРН	42
3.2 Имитационное моделирование асинхронного двигателя	46
3.3 Исследование различных режимов работы электропривода на имитационной модели	52
3.3.1 Сравнение прямого пуска и плавного.....	52
3.3.2 Плавный пуск	56
3.3.3 Торможение электропривода.....	58
3.3.4 Режим ограничения момента.....	59
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ТРН	61
4.1 Описание экспериментальной установки.....	61
4.2 Экспериментальные исследования работы тиристорного регулятора напряжения	62
4.2.1 Работа на активную нагрузку с заземленной нейтралью	63
4.2.2 Работа на активную нагрузку с незаземленной нейтралью	64
4.2.3 Работа на двигательную нагрузку	65
4.3 Исследование режимов работы электропривода на базе ТРН-АД	67
4.3.1 Прямой пуск	67
4.3.2 Плавный пуск	68
4.3.3 Динамическое торможение.....	70
4.3.4 Комбинированное торможение	72
4.4 Вывод по разделу	74
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	75
5.1 Анализ опасных и вредных факторов	75
5.2 Вредные производственные факторы	83
5.2.1. Физические вредные факторы	83
5.2.2. Химические вредные факторы	86

5.3 Экологическая безопасность.....	87
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	88
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и условий труда	90
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	91
6.1 Планирование научно-исследовательских работ.....	92
6.1.1 Определение трудоемкости выполнения работ	92
6.1.2 Разработка графика проведения научного исследования.....	93
6.2 Бюджет научно-технического проектирования	97
6.2.1 Материальные затраты	98
6.2.2 Основная заработная плата исполнителей темы	98
6.2.3 Амортизационные отчисления	99
6.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	99
6.2.5 Накладные расходы	100
6.2.6 Прочие затраты	100
6.2.7 Формирование бюджета затрат НИР	100
6.3 Оценка разработанной модели электропривода	101
6.4 Вывод по разделу	102
Заключение	103
ЛИТЕРАТУРА	105
Приложение А	109
Приложение Б	132

Введение

В настоящее время в нефтеперерабатывающих, нефтехимических, энергетических установках, магистральных, промысловых и других трубопроводах используется огромное количество арматуры, которая управляет потоками перемещаемой среды. В связи с этим эксплуатация установок или трубопроводов невозможна без нее. Расходы на арматуру составляют около 10-12 % капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Наиболее распространенным видом запорной арматуры являются задвижки. Для управления задвижками используются пневматические, гидравлические или электрические приводы. Наибольшее распространение получил электрический привод. Для электрических приводов в качестве основного приводного двигателя наиболее часто используется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором благодаря своей простоте конструкции и надежности.

Современный электропривод запорной арматуры реализован на базе различных силовых полупроводниковых устройств с микропроцессорным управлением, что позволяет получить высокое быстродействие, большой диапазон регулирования и большую точность.

Электропривод запорной арматуры включает в себя приводной двигатель, систему управления, механическое преобразовательное устройство (редуктор) и силовой преобразователь. В качестве силовых преобразователей наибольшее распространение получили тиристорные регуляторы напряжения (ТРН) и преобразователи частоты (ПЧ). Система управления обеспечивает требуемые режимы эксплуатации запорной арматуры, выполняет защитные и коммуникационные функции, а также позволяет электроприводу адекватно реагировать на изменение внешних воздействий.

При проектировании ЭПЗА важно знать, как будет вести себя электропривод в различных динамических режимах, так как из-за

нарушения режима работы электропривода задвижки могут возникнуть серьезные экономические или экологические последствия. Например, возможна ситуация, при которой ЭПЗА не сможет тронуться с места из-за заклинивания задвижки, что приведет к невозможности открытия трубопровода. Также при превышении максимального допустимого момента при уплотнении может произойти разрушение посадочного седла задвижки, а также разрушение самого трубопровода, что приведет к утечке среды.

Поэтому важной задачей является исследование динамических режимов электропривода запорной арматуры.

Целью диссертации является исследование режимов работы электропривода в программной среде MATLAB с помощью имитационной модели, разработанной на языке Си с использованием блока S-function Builder. Для электропривода в качестве силового преобразователя будет использоваться тиристорный регулятор напряжения, что позволит сократить стоимость привода, а также позволит снизить электромагнитные помехи, связанные с работой преобразователя.

1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1. Основные виды трубопроводной арматуры

Трубопроводную арматуру делят на арматуру специального назначения и арматуру общепромышленного назначения.

К специальной относится та промышленная трубопроводная арматура, которая изготавливается с учетом различных специфических требований и условий работы, например, агрессивная среда, повышенные температуры и тд.

Общепромышленная арматура соответствует общим условиям эксплуатации и изготавливается для межотраслевого применения. Соединение арматуры с трубопроводом по конструкции классифицируется на следующие виды: арматура с соединением сваркой, фланцевое соединение, цапковое, муфтовое, штуцерное. Арматура управляется за счет передачи вращающего момента на шпиндель, шток, которые соединяются с герметизирующим элементом задвижки, и образуют подвижное соединение, которое перемещается внутри корпуса арматуры, и которое герметично изолировано от внешних воздействий среды. В зависимости от способа герметизации арматура классифицируется на сальниковую, мембранную или шланговую. По своим выполняемым функциям арматура делится на следующие классы: защитная, предохранительная, распределительно-смесительная, регулирующая, запорно-регулирующая.

Защитная арматура служит для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с превышением значений допустимых параметров арматуры (температура, давление, изменение направления потока).

Предохранительная арматура имеет схожие функции с защитной арматурой, она защищает оборудование от недопустимого превышения давления. Принцип работы арматуры данного типа заключается в том, что

при достижении критического давления происходит ее открытие, и сброс избытка рабочей среды для снижения давления.

Распределительно-смесительная арматура предназначена для перемешивания рабочих потоков жидкостей или газов, после чего происходит их распределение по трубопроводам.

Регулирующая арматура изменяет параметры протекающей среды, такие как температура и скорость потока, давление среды и другие. Регулирование происходит за счет дросселирования потока, то есть за счет изменения расхода.

Запорная арматура используется в том случае, когда требуется герметичное закрытие трубопровода для прекращения протекания жидкости или газа, или, когда требуется беспрепятственное прохождение потока, то запорная арматура полностью открывается. Также при полном закрытии поток может быть направлен в другой трубопровод, таким образом происходит регулирование направления протекания жидкости или газа. Запорная арматура на нефтепроводах и технологических трубопроводах устанавливается на линейных участках. Это связано с тем, что напряжения, которые возникают в участках изгиба, могут привести к нарушению герметичности, что приведет к утечкам.

Каждый класс включает себя арматуру следующих типов: задвижки, заслонки, клапаны, краны [1].

1.2 Обзор задвижек

Основным видом запорной арматуры на трубопроводах [2] являются задвижки.

Задвижкой называется конструкция запорной арматуры, у которой запирающий элемент выполнен в виде клина или диска, который перемещается вдоль уплотнительных колец седла корпуса перпендикулярно потоку рабочей среды, тем самым либо перекрывая поток в закрытом

положении, либо пропуская его в открытом положении. Задвижки получили широкое применение на различных трубопроводах. Диаметры трубопроводов, на которые устанавливаются задвижки, изменяются в диапазоне от 50 мм до 2000 мм [3], диапазон рабочих давлений от 0,4 до 25 МПа, а рабочая температура от -60 до 565 градусов Цельсия.

Задвижки обладают следующим достоинством: высокой степени герметичности затвора в закрытом состоянии, сравнительной простоте конструкции и малому гидравлическому сопротивлению (по сравнению вентилями), небольшой строительной длиной, возможностью подачи рабочей среды в любом направлении, возможность применения в широком диапазоне рабочих сред, давлений, температур и других условий эксплуатации.

У задвижек существуют следующие недостатки: длительное время срабатывания затвора, закрытие которого может длиться несколько минут; задвижки невозможно использовать для сред, в которых образуются кристаллизующиеся включения, так как запирающий элемент не сможет герметично закрыться; большая строительная высота; возможность получить гидравлический удар в конце закрытия [4].

Задвижки классифицируют по следующим признакам [5]:

1. Площадь поперечного сечения прохода и площадь сечения входного патрубка. Для уменьшения усилий, требуемых для открытия или закрытия, площадь прохода делают меньшей, чем площадь сечения входных патрубков.

2. Система винт-гайка:

-Задвижки с выдвижным шпинделем – в данном случае шпиндель движется совместно с запирающим элементом и совершает поступательное движение. Ходовая гайка находится на штоке или на приводе. Преимущества данного типа задвижек заключается в быстром доступе для осмотра резьбовой пары, или проведения ремонтных работ, ходовая гайка может быть заменена без демонтажа задвижки. Недостатком является повышенная строительная высота из-за выдвижения шпинделя, а также для шпинделя требуется защита от механических повреждений.

-Задвижки с невыдвижным шпинделем. Отличаются от предыдущего типа тем, что шпиндель совершает только вращательное движение. Ходовая гайка устанавливается на самом затворе. Преимущество данной разновидности запорной арматуры заключается в их небольшой высоте, которая определяется либо длиной сальника, либо ходом затвора. Недостатками являются влияние протекающей среды на резьбовую пару, а также ее затруднен доступ для обслуживания или ремонтных работ.

3. По конструкции запирающего элемента задвижки можно классифицировать на два типа: параллельные и клиновые [6].

-Параллельные задвижки получили свое название благодаря запирающему элементу, который выполнен в виде диска или листа. Параллельные задвижки делятся на однодисковые (шиберные), или двухдисковые, у которых запирающий элемент состоит из двух параллельных дисков, между которыми находится распорная пружина. Если не требуется высокая степень герметичности в закрытом состоянии в протекающих средах с большими значениями рабочего давления, то используется запорная арматура с запирающим элементом в виде одного диска. Допускается наличие небольшого количества механических примесей в транспортируемом потоке вещества.

На рисунке 1 показан внешний вид параллельной однодисковой задвижки и изображен чертеж [3].

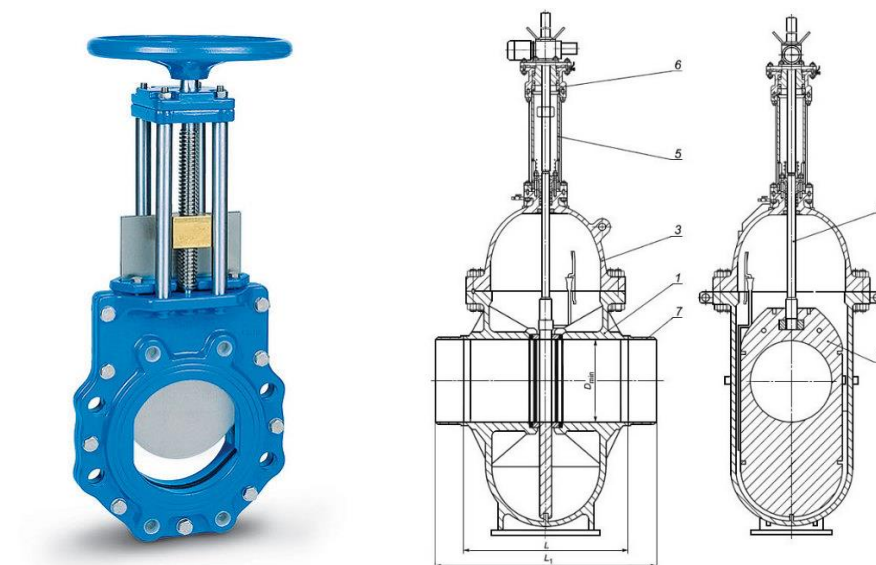


Рисунок 1 – Внешний вид и чертеж задвижки и ее основные части:

1 – корпус; 2 – диск; 3 – крышка; 4 – шпindelь; 5 – стойка; 6 – бугельный узел; 7 – приварная катушка

Параллельные задвижки получили широкое распространение из-за своей надежности. В данном типе задвижек притирка уплотняющих колец осуществляется намного быстрее по сравнению с клиновыми. Преимуществом данных задвижек по сравнению с клиновыми является меньшая подверженность к заклиниванию в закрытом положении.

-Клиновая задвижка. Клиновая задвижка получила свое название из-за запирающего элемента, который отличается от затвора параллельной задвижки, и имеет форму плоского клина. Особенностью задвижки является то, что седло и его уплотнительные поверхности расположены параллельно и под углом 10-12 градусов к уплотнительным поверхностям запирающего элемента. Высокая степень герметичности достигается за счет прижатия затвора к уплотнительным поверхностям седла с определенным моментом закрытия.

Клиновые задвижки делятся на задвижки с цельным клином, с упругим клином и составным клином [6].

К недостаткам задвижек с цельным клином относятся: возможность заклинивания клина после длительного нахождения в закрытом состоянии, что связано с коррозией, изменением температуры, а также интенсивный износ уплотнительных поверхностей клина и седла из-за сильного трения. Данный тип запорной арматуры применяется при больших рабочих давлениях и неагрессивной среде, как для жидкостей, так и для газов.

У задвижек с упругим клином запорный элемент состоит из полуразрезанного или разрезанного клина, между которым находится упругий элемент, что позволяет повысить степень герметичности в закрытом состоянии за счет упругого изгиба клина. Такой тип запорной арматуры применяется для сред с большим рабочим давлением и большой температурой [7].

У задвижек с составным клином запирающий элемент состоит из нескольких частей, что позволяет избавиться от технологической подгонки уплотнительных элементов. Данный тип запорной арматуры используется тогда, когда требуется высокая степень герметичности для средних давлений для жидких или газообразных сред, в которых отсутствуют твердые включения или абразивные частицы. Рабочая температура будет зависеть от материала изготовления деталей задвижки.

Клиновые задвижки обладают следующими преимуществами: для клиновой задвижки требуется меньшее усилие со стороны привода для обеспечения плотного закрытия, простая конструкция.

На рисунке 2 показан внешний вид клиновой задвижки и ее чертеж [3].

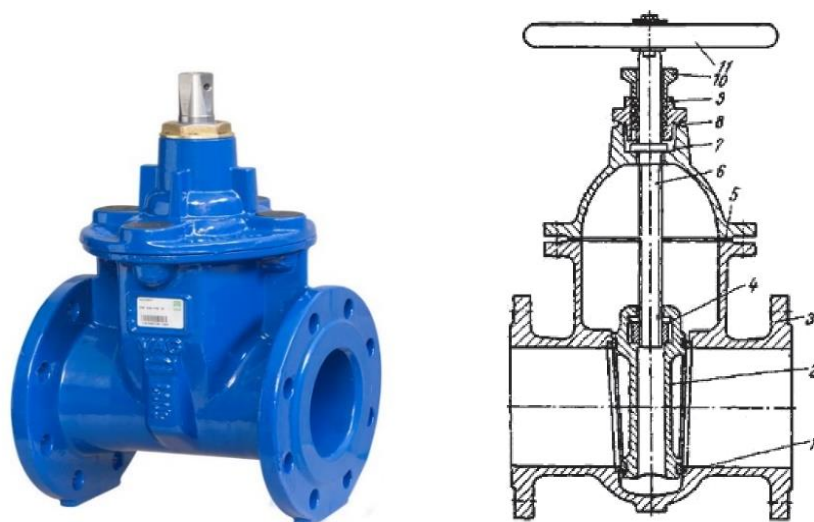


Рисунок 2 – Внешний вид и чертеж клиновой задвижки и ее основные части:

1 – седло; 2 – запирающий элемент в виде клина; 3 – корпус; 4 – ходовая гайка; 5 – прокладка; 6 – выдвижной шпindel; 7 – крышка; 8 – кольцевая прокладка; 9 – сальниковое уплотнение; 10 –нажимная втулка; 11 – ручной дублер;

Корпус задвижки 3 представляет собой литую, цельную или сварную конструкцию. Высота корпуса задвижки превышает диаметр прохода в несколько раз. Корпус и верхняя крышка 7 являются рабочей областью задвижки, куда подается поток продукта. Между крышкой и корпусом находится уплотнительная прокладка 5, которая герметизирует соединение и не дает рабочей среде попасть за пределы корпуса.

Внутри корпуса запорной арматуры находятся два седла 1, а также запирающий элемент в виде клина 2. В закрытом положении уплотнительные поверхности седла будут прижаты к уплотнительным поверхностям клина.

На верхней части затвора 2 находится ходовая гайка, которая соединена с шпинделем 6. Шпиндель жестко связан с маховиком. Уплотнение в месте выхода шпинделя из корпуса задвижки обеспечивается сальниковым уплотнением 9, которое установлено по диаметру шпинделя, и оно препятствует вытеканию рабочей среде в атмосферу. Набивка

сальникового уплотнение дожимается с помощью нажимной втулки 10. Корпус сальника крепится к верхней крышке 7, а место разъема уплотняется кольцевой прокладкой 8 [3].

1.3 Особенности эксплуатации запорной арматуры

Запорная арматура имеет три основных рабочих эксплуатационных состояния. Первый режим - когда затвор полностью закрыт. В данном режиме арматура препятствует прохождению среды. Этот режим применяется, в основном, для отсекаания определенного участка трубопровода для проведения обслуживания, ремонта, или для предотвращения выброса нефти в окружающую среду во время аварии. Второй режим - когда затвор полностью открыт и арматура не препятствует прохождению среды по трубопроводу. Третий режим – когда запорный орган задвижки находится в движении из открытого или закрытого состояния.

Эксплуатационные параметры запорной арматуры делятся на энергетические (температура и давление), диаметр, пропускная способность, тип привода задвижки, время движения из закрытого/открытого состояний, требуемый момент, ход арматуры, утечка и другие. При работе в агрессивных средах важно учитывать коррозионную стойкость материала арматуры.

К основному эксплуатационному параметру запорной арматуры относится давление рабочей среды. Давление классифицируется на условное, рабочее.

Условное (номинальное) давление – это максимальное избыточное давление рабочей среды с температурой 20 градусов. При данном давлении различные узлы запорной арматуры имеют длительный срок службы, на который они рассчитаны.

Рабочее давление – это максимальное избыточное давление, при котором запорная арматура может длительно эксплуатироваться. Наибольшее

превышение рабочего давления не должно выходить за величину 5 процентов.

Условно принято считать: низким — давление, не превышающее P_y 2,5 МПа (25 кгс/см²); средним — давление P_y от 3,9 до 10 МПа (39—100 кгс/см²); высоким — давление $P_{раб}$ от 10 до 23 МПа (100—230 кгс/см²); сверхвысоким — давление $P_{раб}$ от 25,5 МПа до 38 МПа (255 кгс/см² — 380 кгс/см²) [5].

Другим важным эксплуатационным параметром запорной арматуры является условный диаметр трубопровода, куда она будет устанавливаться. Под условным диаметром прохода D_y понимают тот номинальный диаметр трубы, по которой протекает рабочий поток среды. От диаметра арматуры будет зависеть пропускная способность трубопровода.

Существуют несколько групп арматуры, которые классифицируют по диаметрам условного прохода:

1. Сверхмалые трубопроводы с диаметром D_y до 5 мм включительно.
2. Малые трубопроводы с диаметром D_y от 6 до 40 мм включительно.
3. Трубопроводы средних размеров с диаметром D_y от 50 до 300 мм.
4. Трубопроводы больших размеров с диаметром D_y от 350 до 1200 мм.
5. Трубопроводы сверхбольших размеров с диаметром D_y от 1400 мм [8].

Нормальными условиями эксплуатации запорной арматуры принято считать: температуру 20 градусов Цельсия, давление 760 мм рт. ст., и при влажности, равной 0 [9].

Чтобы обеспечить прочность запорной арматуры при работе на высоких давлениях, нужно увеличивать толщину металлических стенок трубопровода, а также применять детали большого размера. В этих условиях усилия и моменты, необходимые для управления арматурой, имеют большую величину.

При работе на коррозионных средах арматура должна иметь высокую устойчивость против агрессивного химического воздействия протекающей среды. Данное требование относится ко всем элементам запорной арматуры,

включая уплотнительные и герметизирующие элементы, такие как прокладки, уплотнения, сальники.

Срок службы запорной арматуры во многом зависит от ее частоты срабатывания из-за того, что во время работы происходит износ таких узлов и деталей, как: ходовая гайка, шток, уплотняющие кольца, редуктор. Срок службы также снижается из-за того, что электропривод может создавать ударную нагрузку на кинематические элементы запорной арматуры. Для снижения данного негативного явления электропривода должны запускаться плавно.

Существует перечень показателей качества, по которым определяется, является ли арматура работоспособной и можно ли ее эксплуатировать:

1. Отсутствует пропуск протекающей среды через металл или сварные швы.
2. Сальниковые уплотнения и фланцевые соединения обеспечивают герметичность затвора по отношению к внешней среде.
3. Обеспечивается герметичность запирающего элемента.
4. Электропривод задвижки обеспечивает плавный пуск и плавное перемещение затвора во время движения, открытие или закрытие запирающего элемента за требуемое время, которое указано в паспортных данных.
5. Материалы, из которых изготовлены детали и сварные швы должны выдерживать рабочее давление.
6. Обеспечивается отключение электропривода в крайних положениях, при превышении тока, или при превышении рабочего момента на запирающем элементе [10].

Если данные условия не выполняются, то задвижку выводят из эксплуатации так как она является неработоспособной.

Техническое состояние запорной арматуры контролируется несколькими способами: с помощью внешнего осмотра, проведение диагностических работ и испытаний. Во время внешнего контроля

проверяются сварные швы, уплотнения на наличие утечек, плавность хода подвижных частей, состояние материала корпуса задвижки, работа электропривода.

Если во время внешнего осмотра или диагностики обнаружены неисправности, то проводится ремонт арматуры. После ремонта должны быть произведены испытания с применением повышенного давления. Это требуется для проверки герметичности сальниковых уплотнений, прокладок, сварных узлов.

1.4 Обзор существующих систем электропривода задвижек

Огромный ассортимент существующей на сегодняшний день трубопроводной арматуры позволяет полностью контролировать поток рабочей среды: регулировать его скорость, интенсивность, осуществлять смешивание, деление и т.д.

В системах с малым давлением и диаметром труб используется арматура с ручным приводом, для управления которым не требуется значительных физических усилий. С ростом давления и сечения трубопровода увеличивается и размер арматуры, поэтому для автоматизированного или механизированного управления штоком задвижек применяют различные виды приводов. К ним относятся пневматические, гидравлические и электрические [5].

Наибольшее распространение получили электрические привода благодаря своим следующим преимуществам по сравнению с другими типами. Они обладают лучшими массогабаритными показателями, большая ремонтпригодность, связанная со снятием привода с действующей арматуры для ее замены или ремонта, при этом отсутствует опасность самопроизвольного срабатывания рабочего элемента, а также меньшее число элементов для ремонта. Для работы используется электрическая сеть, которая не засоряется и не замерзает по сравнению с гидравлическими и

пневматическими, возможность дистанционного автоматического управления любым типом арматуры, высокий КПД работы системы, обладает практически неограниченным диапазоном мощностей и моментов.

Электропривода классифицируют по следующим признакам [7]:

1. По виду перемещения и его величине привода классифицируют следующим образом:

- Прямоходовые, используются для клапанов.

- Неполноповоротные, у которых запирающий элемент поворачивается на $1/4$ оборота, применяется для шаровых кранов или поворотных дисковых затворов;

- Многооборотные – у данного типа приводов рабочий элемент совершает вращающееся движение (например, штоки), они устанавливаются на всех типах задвижек.

2. По требованиям взрывобезопасности – взрывозащищенные или в нормальном исполнении.

3. По способу завершения работы в конечном положении:

- Привод с концевыми выключателями.

- С муфтой ограничения крутящего момента;

- С электрическим реле ограничения силы тока;

- Комбинированный способ с применением концевых выключателей и реле;

- В современных электроприводах используется программное вычисление положения по сигналам с датчика положения (абсолютного энкодера), а также программное вычисление момента по известным токам и напряжениям, также контроль момента может осуществляться с помощью тензометрических датчиков [11].

4. В зависимости от управляющего устройства электропривода классифицируются на следующие классы:

- Неавтоматизированные электропривода, управление которыми осуществляется с помощью реверсивных магнитных пускателей;

-Привод с интеллектуальным реле управления и внешним коммутационным устройством;

-Привод с реверсивным устройством плавного пуска, которое реализуется на основе тиристоров (тиристорный регулятор напряжения);

-Привод с преобразователем частоты, в котором используется скалярное или векторное управление.

В настоящий момент наибольшее распространение получили регулируемые интеллектуальные электропривода на основе тиристорных регуляторов напряжения и преобразователей частоты.

Преимущества систем на базе ПЧ по сравнению с ТРН заключаются в том, что существует возможность оптимизации технологического процесса путем плавного регулирования частоты вращения двигателя, возможность плавного пуска двигателя и т. д.

Однако, у ПЧ существуют и недостатки: высокая стоимость данного устройства; во время эксплуатации преобразователь оказывает влияние на элементы привода: трансформаторы, кабели, двигатели, что связано с влиянием высокочастотных составляющих напряжения, формируемого преобразователем, что в итоге снижает надежность работы установки и может привести к аварийной ситуации [12]. В связи с этим у ПЧ низкая электромагнитная совместимость. Для подключения двигателя нужно использовать экранированные кабели, и прокладывать их на определенном расстоянии друг от друга для исключения наводки.

Электропривод на базе тиристорных регуляторов напряжения используется благодаря своим преимуществам, по сравнению с преобразователями частоты:

-обладают меньшим уровнем электромагнитных помех, соответственно, более высокая электромагнитная совместимость;

-более простая конструкция;

-меньшая стоимость по сравнению с ПЧ. На рисунке представлен график зависимости стоимости силовых преобразователей от их мощности.

Из рисунка 3 видно, что ТРН имеют меньшую стоимость во всем диапазоне мощностей [13].

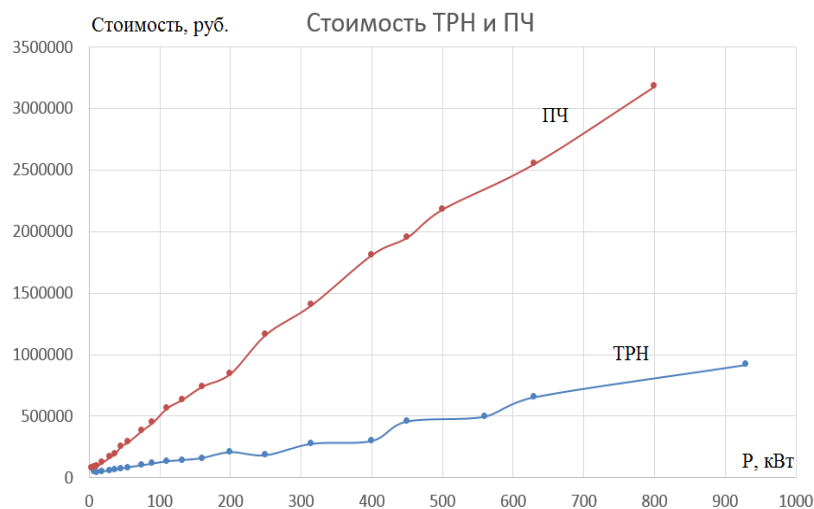


Рисунок 3 – Сравнение стоимости устройств плавного пуска и частотных преобразователей

Современные тиристорные регуляторы на базе микропроцессорных устройств ничем не отличаются по уровню коммуникационных и защитных функций по сравнению с системами на базе ПЧ.

На рисунке 4 показана структурная схема интеллектуального электропривода запорной арматуры.

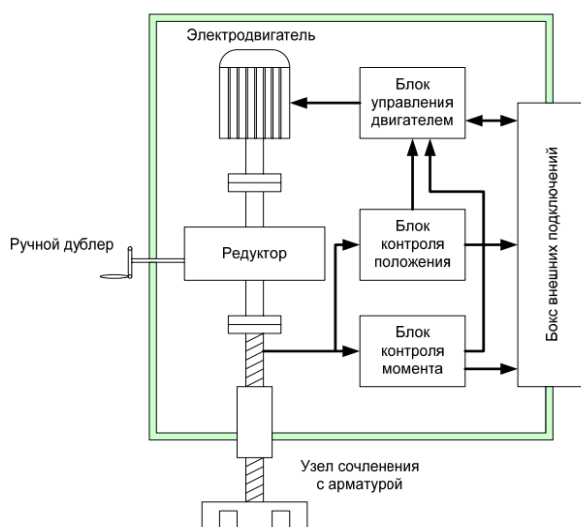


Рисунок 4 – Структура интеллектуального электропривода запорной арматуры

В интеллектуальных приводах промышленной запорной арматуры контроль положения осуществляется с помощью датчиков, называемых абсолютными энкодерами. С помощью энкодеров контроль скорости осуществляется непрерывно во всем диапазоне. Управление в данном типе привода осуществляется с помощью полупроводниковых преобразователей. Также в состав данного типа привода входит микропроцессорный контроллер, с помощью которого существует возможность программировать циклограмму работы привода, реализовывать различные регуляторы и устройства, осуществлять обмен информацией между приводом и внешними устройствами.

Электропривод преобразует электрическую энергию в крутящий момент, создаваемый на валу двигателя, что приводит к передвижению элементов арматуры. Для передачи вращающего момента служит редуктор с большим передаточным отношением, что позволяет снизить скорость вращения и повысить момент, прикладываемые к выходному валу механизма. К основным типам редукторов, используемых для электропривода задвижки относятся: червячный редуктор, планетарный редуктор, волновой редуктор с промежуточными телами качения. В состав привода также входит ручной дублер, служащий для закрытия задвижки в случае неработоспособности двигателя.

Кинематическая схема управления перемещением задвижки с помощью электропривода показана на рисунке 5.

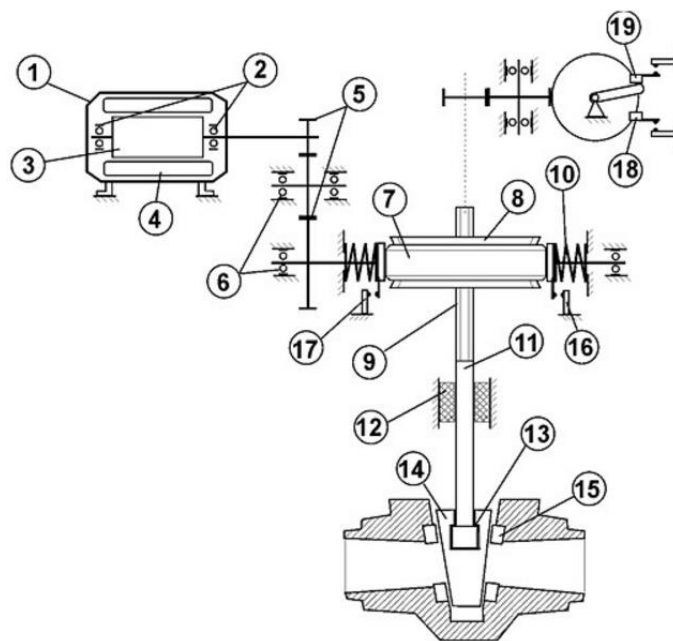


Рисунок 5 – Обобщенная кинематическая схема электропривода задвижки

В состав кинематической схемы входят следующие элементы: 1 – электрический асинхронный двигатель с КЗ ротором; 2 – подшипники электродвигателя; 3 – ротор электродвигателя; 4 – статор электродвигателя; 5 – зубчатые колеса редуктора; 6 – подшипники редуктора; 7 – червячный вал; 8 – ходовая гайка; 9 – ходовая резьба; 10 – пружины; 11 – шток; 12 – сальник; 13 – узел крепления запорного органа; 14 – запорный орган, выполнен в виде клина; 15 – седло посадки запорного органа; 16, 17 – моментные выключатели («открытия/закрытия»); 18, 19 – концевые выключатели («открытия/закрытия») [14].

1.5 Функциональная структура системы ТРН-АД

Функциональная структура системы ТРН-АД показана на рисунке 6.

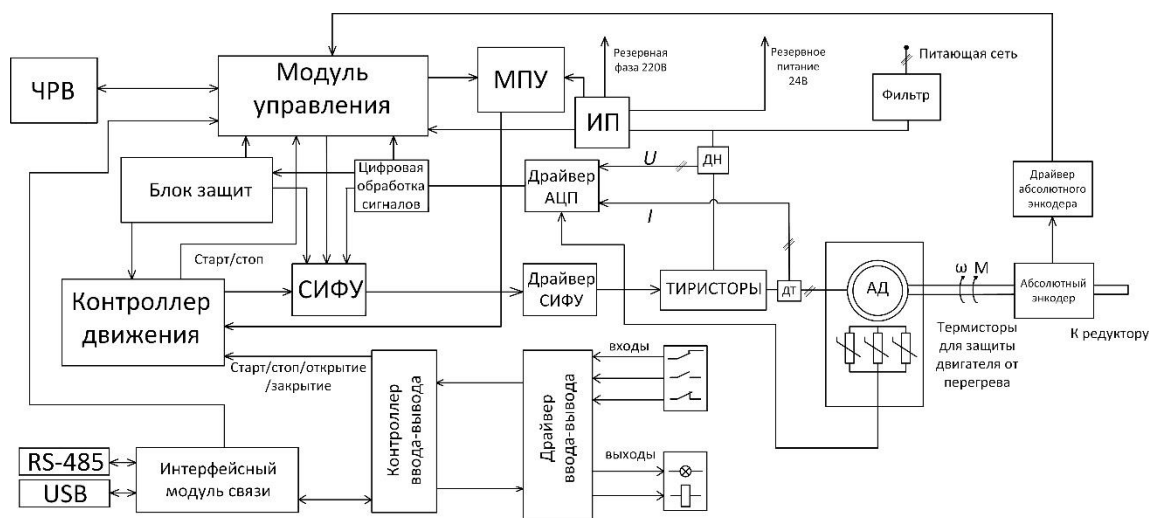


Рисунок 6 – Функциональная схема системы ТРН-АД

где МПУ – местный пост управления, ИП – источник питания, ДН – датчики напряжения, ДТ – датчики тока, ЧРВ – часы реального времени

В состав функциональной схемы электропривода входят:

1. Основными коммутационными элементами в данной системе являются тиристоры. Тиристорный регулятор напряжения состоит из пяти групп тиристоров, две из которых требуются для реверса двигателя. Схема преобразователя показана на рисунке 7.

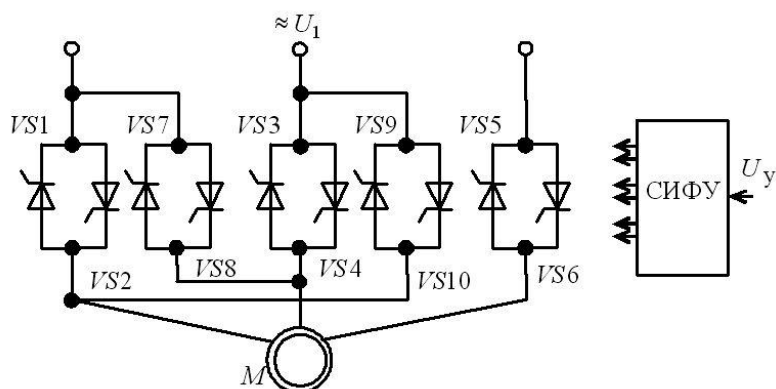


Рисунок 7 – Реверсивный тиристорный регулятор напряжения

ТРН изменяет амплитуду напряжения, подводимого к статору, без изменения частоты, тем самым позволяет осуществить плавный пуск двигателя.

Тиристорный регулятор напряжения работает следующим образом: на управляющий электрод тиристора подается управляющий импульс, в этот момент тиристор открывается. Импульс подается с определенным запаздыванием относительно синусоиды, этот угол α называют углом управления. Чем больше данный угол, тем меньшее напряжение получим на выходе регулятора. Меняя время подачи импульса управления, мы можем получать различное напряжение питания асинхронного двигателя.

Тиристор закроется в момент перехода напряжения U_R через 0, т.е. изменится полярность напряжения на аноде-катоде. График работы ТРН для одной фазы представлен на рисунке 8 [15].

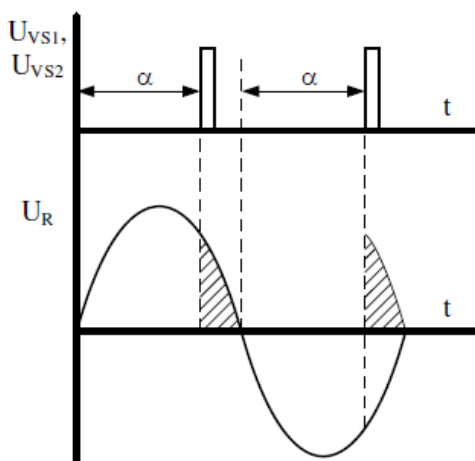


Рисунок 8 – График работы ТРН в фазе R

2. Местный пост управления находится на лицевой панели преобразователя, и требуется для управления работой блока на месте. С помощью МПУ можно обеспечить настройку преобразователя, а также управлять электроприводом (пуск, стоп, реверс).

3. Источник питания обеспечивает энергией электронные узлы схемы. Для определенных устройств требуется свое напряжение питания: постоянное 3,3 В, 5В, 24 В или переменное 220 В, поэтому в данном блоке происходит преобразование и формирование электрической энергии при помощи трансформаторов, выпрямление, фильтрация.

4. Датчики напряжения служат для измерения напряжения в каждой фазе питания блока. Сигналы с датчиков поступают на модуль управления. Также с помощью датчиков напряжения обеспечивается правильность работы СИФУ. Датчики тока служат для измерения величины токов в каждой фазе электродвигателя. Датчик положения предназначен для контроля текущего углового положения выходного вала электропривода. Датчик преобразует вращение ротора электродвигателя в электрические сигналы. Обеспечивает возможность управления перемещением выходного звена электропривода в заданное положение.

5. Модуль управления содержит в себе микроконтроллер, который обеспечивает управление работой силового преобразователя за счет установленного программного обеспечения, обмен с системой телемеханики по последовательному или дискретному интерфейсам, анализирует текущее состояние токов, напряжений, положения выходного звена, определяет возникновение аварийных режимов блока. Также модуль содержит в себе запоминающие устройства (ОЗУ, ПЗУ), процессор, таймеры, счетчики и другие устройства.

6. Контроллер ввода – вывода. Служит для обмена данными по системной шине между микропроцессором преобразователя, его памятью, и различными внешними устройствами. Сам контроллер представляет собой электронную схему, и осуществляет преобразование данных. К ним относятся сигналы, поступающие с внешних устройств, которые преобразуются в машинный код, понятный для процессора, и наоборот. Контроллер также согласует уровни сигналов.

По информационным каналам передаются управляющие данные, которые инициируют различные действия, которые не связаны непосредственно с передачей данных, они отвечают за запуск или останов устройства, запрещают прерывания. Также передаются данные-сообщения, которые содержат информацию об определенных признаках, к которым

относятся: готовность к обмену данными, наличие ошибок при обмене и так далее.

7. Контроллер движения следит за состоянием сигналов, приходящих из контроллера ввода-вывода. В зависимости от состояния, выдает сигнал на СИФУ и на модуль управления.

8. Блок защит. Электропривод должен иметь защиту от различных аварийных ситуаций. Последствия аварии могут привести к большому экономическому (например, потребуется замена электропривода) и экологическому ущербу. Основной целью защиты является предотвращение последствий, вызванных аварией.

9. Система импульсно-фазового управления создает импульсы управления, которые идут на управляющий электрод тиристора. Импульс подается в определенный момент синхронно с напряжением питающей сети. СИФУ может сдвигать импульсы по фазе относительно напряжения сети на определенный угол, который называется управляющим или углом открытия тиристорov. Регулируя угол можно изменять значение напряжения: чем больше этот угол, тем меньшее напряжение поступит на двигатель и наоборот.

10. Блок цифровой обработки сигналов предназначен для преобразования аналоговых (непрерывных) сигналов в дискретные (цифровые) сигналы. Аналоговый сигнал преобразуется в цифровой путем квантования по уровню и дискретизации по времени. Обработка сигнала обеспечивается с помощью специальных математических алгоритмов. Сам процесс данного преобразования называется фильтрацией, которая осуществляется с помощью специальных цифровых сигнальных процессоров, которые работают в режиме реального времени.

11. Драйвера АЦП и СИФУ представляют собой устройства, согласующие управляющие сигналы по мощности, напряжению, а также могут обеспечить сдвиг сигнала. Драйвер СИФУ представляет собой усилитель мощности импульсов и предназначен для непосредственного

управления тиристорами. На драйвер также могут быть возложены функции защиты ключа [16].

1.6 Виды защит электропривода запорной арматуры

Электропривод задвижки должен иметь защиту от различных аварийных ситуаций. Последствия аварии могут привести к большому экономическому (например, потребуется замена электропривода) и экологическому ущербу (например, утечка нефти в окружающую среду). Основной целью защиты является предотвращение последствий, вызванных аварией. То есть при срабатывании защиты прекращается отработка цикла механизмом. Так же ложное срабатывание защиты приводит к отказам выполнения технологического цикла, поэтому основной целью системы управления электроприводом запорной арматуры является своевременное срабатывание при аварии, отсеивание ложных сигналов и определение возможности дальнейшего продолжения работы механизма.

Для электропривода запорной арматуры возможны следующие виды защит:

1. Защита от перегрева обмоток двигателя выше допустимого значения. Возникает при перегрузке из-за больших моментов нагрузки или в несимметричных режимах работы, например, при обрыве фазы в нагрузке или фазы сети. В большинстве случаев, привод работает в кратковременном режиме (не выше 10-15 минут, что связано с ограниченными конечными положениями механизма, зависящими от диаметра трубопровода), а периоды между циклами позволяют двигателю охладиться до температуры окружающей среды.

Перегрев может возникнуть при перегрузке от заклинивания задвижки, что также приведет к возрастанию токов. Перегрев обмоток вызывает ускоренное разрушение изоляции обмоток, после чего могут возникнуть межвитковые замыкания, а также замыкания на корпус двигателя.

От перегрузок по току двигатель защищают при помощи температурных и тепловых реле, автоматических выключателей с тепловым расцепителем, либо температуру измеряют с помощью датчиков, встроенных в обмотки двигателя (термисторы).

2. Защита от перегрева силовых ключей. Из-за повышенных токов происходит перегрев силовых полупроводниковых ключей преобразователя. Контроль температуры осуществляется с помощью термодатчиков, которые устанавливаются на радиаторы тиристоров.

3. Защита от изменения напряжения. Защита от минимального напряжения, при котором оно падает меньше 80% от номинального, служит для отключения двигателя при недопустимом падении напряжения в сети, или не допускает самопроизвольного включения двигателя. Для защиты двигателя применяются реле минимального напряжения, либо автоматические выключатели с расцепителем минимального напряжения.

Защита от недопустимого превышения (выше 20% от номинального) напряжения также отключает двигатель от сети, так как повышение напряжения повлияет на величину токов, протекающих по обмоткам двигателя, что может привести к перегреву.

4. Защита от короткого замыкания. Короткое замыкание в системе управления или двигателе может возникнуть при попадании влаги внутрь блока управления, при неправильном подключении электрических проводников, при пробое изоляции. В двигателе могут возникать межвитковые замыкания. Данное явление может привести к выгоранию элементов электропривода: проводники, оборудования, а также привести к пожару. Аппараты, осуществляющие защиту двигателя от КЗ, должны срабатывать мгновенно. Применяются автоматические выключатели с электромагнитным расцепителем, реле максимального тока (электромагнитные или электронные), плавкие предохранители.

5. Превышение момента нагрузки выше установленного. Электропривод задвижки является моментным электроприводом, поэтому

переход двигателя на упор является рабочей ситуацией. Переход на упор свидетельствует о достижении нормальной герметичности, но при длительной работе в таком режиме происходит потребление электрической энергии без совершения механической работы, что может привести к перегреву обмоток двигателя.

Однако привод не должен создавать чрезмерных усилий на уплотнительных поверхностях запорного органа арматуры и не должен создавать угрозу поломки, которая может возникнуть при попадании посторонних предметов под закрывающийся запорный орган или при неоткалиброванном по положению приводе, что приведет к деформации уплотнителя и дальнейшей утечке рабочей среды в атмосферу.

Для ограничения момента электропривода применяют муфты ограничения крутящего момента (моментная муфта). Она должна обеспечивать защиту двигателя от перегрузки в момент закрытия, открытия или при заклинивании подвижных частей задвижки. Муфта обеспечивает возможность прижатия запирающего элемента к посадочным седлам с требуемым давлением.

1.7 Требования, предъявляемые к электроприводу задвижек

Электропривод задвижки является важной частью технологических трубопроводов. Чтобы обеспечить нормальное функционирование арматуры, привод должен удовлетворять целому ряду требований. Основные из них:

1. Долговечность – свойство арматуры сохранять свою работоспособность до наступления предельного состояния. Показателями долговечности являются: полный средний ресурс, ресурс до ремонта, полный срок службы. Полный срок службы у задвижек находится в диапазоне 10-20 лет, так как операция по замене обойдется значительно дороже самой задвижки из-за необходимости остановки работы трубопроводов, сложности доставки оборудования.

2.Высокая надежность арматуры при минимальном обслуживании. Является довольно жестким критерием при конструировании задвижек, так как задвижки на трубопроводах являются основными запорно-регулирующими элементами. В случае нарушения работоспособности могут произойти аварийные ситуации.

3.Ремонтопригодность – свойство, отражающее степень приспособленности изделия к обнаружению, предупреждения причин возникновения отказов и повреждений путем устранения их проведением технического обслуживания и ремонта [14]. Повышенная ремонтопригодность обеспечивает замену деталей арматуры без ее снятия с трубопровода.

4.Прочность и жесткость конструкции. Арматура должна выдерживать повышенные давления протекающего рабочего потока среды, которое может составлять до 15 МПа для нефти и 10 МПа для газа, а также выдерживать нагрузки, связанные с усилием запирающего элемента, без существенных деформаций, нарушающих нормальную работу задвижки.

5.Взрывобезопасность. Задвижки для нефтепроводов работают во взрывоопасной, так как нефть является горючей жидкостью. Помимо этого, с нефтью может быть попутный газ, поэтому корпуса всего оборудования (датчики, двигатель, преобразователь) должны иметь взрывобезопасные корпуса Ex или EEx чтобы не допустить воспламенение окружающей легковоспламеняющейся среды.

6.Коррозийная стойкость. Запорная арматура для нефтепроводов может эксплуатироваться в агрессивной рабочей среде, в которой присутствует сероводород. Сероводород реагирует почти со всеми металлами, образуя сульфиды, которые по отношению к железу играют роль катода и образуют с ним гальваническую пару, образуется сульфид железа. При этом происходит коррозия металла, а также потеря его массы.

7.Герметичность арматуры (как внешняя, так и внутренняя) должна распространяться на весь срок службы. Герметичность арматуры

характеризуется утечкой рабочей среды из выходного патрубка в выходной в закрытом положении запорного органа (внутренняя герметичность) и утечкой рабочей среды в окружающую среду (внешняя утечка).

Материалы уплотнительных поверхностей должны быть устойчивы против коррозии в среде нефтяной эмульсии, противостоять эрозионному воздействию твердых частиц или протекающей среды [17].

Материалы уплотнений запирающих элементов должны обладать высоким пределом прочности, высокой твердостью и высоким сопротивлением к образованию задиров.

2. ВЫБОР И РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ

2.1 Расчет параметров схемы замещения двигателя

В таблице 1 приведены параметры асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором АИМ-А100L4. Степень взрывозащиты двигателя IExedIIBT4.

Таблица 1 – Технические характеристики электродвигателя АИМ-А100L4 [18].

Тип	n_0 , об/мин	$U_{1н}$, В	$P_{дв.н}$, кВт	При номинальной нагрузке			$J_{дв}$, кг·м ²
				s_n , %	$\cos \varphi_n$	η_n , %	
АИМ- А100L4 Ехе	1500	380	4	6	0,84	85	0,011

Продолжение таблицы 1.

$m_{п} = \frac{M_{пуск}}{M_n}$	$m_k = \frac{M_{макс}}{M_n}$	$m_M = \frac{M_{мин}}{M_n}$	$k_{i_{дв}} = \frac{I_{пуск}}{I_n}$
2,2	2,6	1,5	7

Параметры схемы замещения определяются по методике, изложенной в [19]. На рисунке 9 показана схема замещения асинхронного двигателя.

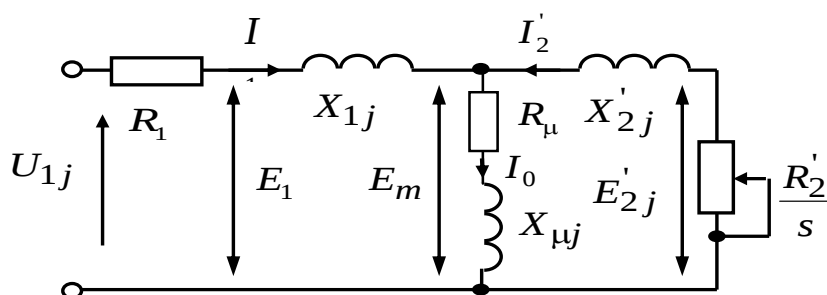


Рисунок 9 – Схема замещения

Ток холостого хода асинхронного двигателя:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left(p^* \cdot I_{1H} \cdot \frac{1-s_H}{1-p^* \cdot s_H} \right)^2}{1 - \left(p^* \cdot \frac{1-s_H}{1-p^* \cdot s_H} \right)^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{6,684^2 - \left(0,75 \cdot 8,488 \cdot \frac{1-0,06}{1-0,75 \cdot 0,06} \right)^2}{1 - \left(0,75 \cdot \frac{1-0,06}{1-0,75 \cdot 0,06} \right)^2}} = 3,45 \text{ A},$$

Где -

$$I_{1H} = \frac{P_H \cdot 1000}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{4000}{3 \cdot 220 \cdot 0,85 \cdot 0,84} = 8,488 \text{ A} \quad - \text{ номинальный ток}$$

фазы статора;

$$I_{11} = \frac{p_z \cdot P_H}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_z \cdot \eta_z} = \frac{4000 \cdot 0,75}{3 \cdot 220 \cdot 0,85 \cdot 0,84} = 6,684 \text{ A} \quad - \text{ ток фазы статора при}$$

неполной загрузке;

p^* – коэффициент загрузки двигателя, равный $p^*=0,75$;

η_{p^*} – КПД при неполной загрузке, равный $\eta_{p^*}=0,85$.

Коэффициент мощности при неполной загрузке: $\cos \varphi_z = 0,8$.

Коэффициент, характеризующий отношение $\frac{X_\mu + X_{1\sigma}}{X_\mu}$;

$$c_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}} = 1 + \frac{3,45}{2 \cdot 7 \cdot 8,488} = 1,029$$

Критическое скольжение двигателя:

$$s_K = s_H \cdot \frac{m_K + \sqrt{m_K^2 - (1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (m_K - 1))}}{1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (m_K - 1)} =$$

$$= 0,06 \cdot \frac{2,6 + \sqrt{2,6^2 - (1 - 2 \cdot 0,06 \cdot 1 \cdot (2,6 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,06 \cdot 1 \cdot (2,6 - 1)} = 0,374.$$

где β – коэффициент, значение которого находится в диапазоне 0,6–2,5, принимаем $\beta = 1$.

Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора:

$$R_2' = m \cdot U_{1H}^2 \cdot \frac{1-s_H}{2 \cdot C_1 \cdot m_k \cdot P_H} \cdot \frac{1}{C_1 \cdot \left(\beta + \frac{1}{s_K} \right)} =$$

$$= 3 \cdot 220^2 \cdot \frac{1-0,06}{2 \cdot 1,029 \cdot 2,6 \cdot 4000} \cdot \frac{1}{1,029 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,374} \right)} = 1,688 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление обмотки статора:

$$R_1 = c_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1,029 \cdot 1,688 \cdot 1 = 1,737 \text{ Ом.}$$

Параметр γ , который позволит найти индуктивное сопротивление короткого замыкания X_K :

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{s_K^2} \right) - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0,374^2} \right) - 1^2} = 2,478,$$

Тогда:

$$X_{KH} = \gamma \cdot c_1 \cdot R_2' = 2,478 \cdot 1,029 \cdot 1,688 = 4,303 \text{ Ом.}$$

Индуктивное сопротивление статорной обмотки:

$$X_{1H} = 0,42 \cdot X_{KH} = 0,42 \cdot 4,303 = 1,807 \text{ Ом.}$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоком рассеяния:

$$L_{1H} = \frac{X_{1H}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{1,807}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 5,753 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Индуктивное сопротивление роторной обмотки, приведенное к статорной:

$$X_{2H}' = \frac{0,58 \cdot X_{KH}}{c_1} = \frac{0,58 \cdot 4,303}{1,029} = 2,425 \text{ Ом.}$$

Индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоком рассеяния:

$$L_{2\sigma}' = \frac{X_{2\sigma}'}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{2,425}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 7,72 \cdot 10^{-3}, \text{ Гн.}$$

ЭДС ветви намагничивания E_1 , наведенная потоком воздушного зазора в обмотке статора в номинальном режиме:

$$E_1 = \sqrt{(U_{1н} \cdot \cos \varphi_n - I_{1н} \cdot R_1)^2 + (U_{1н} \cdot \sin \varphi_n - I_{1н} \cdot X_{1н})^2} =$$

$$= \sqrt{(220 \cdot 0,84 - 8,488 \cdot 1,737)^2 + (220 \cdot 0,543 - 8,488 \cdot 1,807)^2} = 199,35 \text{ В.}$$

где $-\sin \varphi_n = \sin(a \cos(\cos \varphi_n)) = \sin(a \cos(0,84)) = 0,543$.

Индуктивное сопротивление контура намагничивания:

$$X_\mu = \frac{E_1}{I_0} = \frac{199,35}{3,45} = 57,777 \text{ Ом.}$$

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком воздушном зазоре, создаваемым суммарным действием токов статора (индуктивность контура намагничивания):

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{2 \cdot \pi \cdot f_{1н}} = \frac{57,777}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,184 \text{ Гн.}$$

Рассчитанные параметры схемы замещения сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры схемы замещения электродвигателя

R_1 , Ом	$X_{1н}$, Ом	$L_{1н}$, Гн	R_2' , Ом	$X_{2н}'$, Ом	$L_{2н}'$, Гн	X_μ , Ом	$X_{кн}$, Ом	L_μ , Гн
1,737	1,807	0,005753	1,688	2,425	0,00772	57,777	1,759	0,184

2.2 Расчет электромеханических и механических характеристик

Синхронная угловая скорость:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{2} = 157 \text{ рад / с}$$

Номинальная угловая скорость:

$$\omega_n = \omega_0 \cdot (1 - s_n) = 157,08 \cdot (1 - 0,06) = 147,655 \text{ рад/с}$$

Критическая угловая скорость:

$$\omega_k = \omega_0 \cdot (1 - s_k) = 157,08 \cdot (1 - 0,374) = 99,914 \text{ рад/с}$$

Естественная электромеханическая характеристика рассчитывается для частоты 50 Гц по выражению:

$$I_1(\omega) = \sqrt{I_0^2 + I_2'(\omega)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(\omega) \cdot \sin \varphi_2(s)}$$

Приведенный к обмотке статора ток ротора:

$$I_0 = \frac{U_{1\phi_H}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1H} + X_\mu)^2}} = \frac{220}{\sqrt{1.737^2 + (1.807 + 57.777)^2}} = 3.691 \text{ A}$$

Ток ротора вычисляется по формуле:

$$I_2'(s) = \frac{U_{1\phi_H}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu}\right)^2}}$$

Ток в роторе при номинальном скольжении:

$$\begin{aligned} I_{2H}'(s) &= \frac{U_{1\phi_H}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s_H}\right)^2 + X_{KH}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_H \cdot X_\mu}\right)^2}} = \\ &= \frac{220}{\sqrt{\left(1.737 + \frac{1.688}{0.06}\right)^2 + 4.303^2 + \left(\frac{1.737 \cdot 1.688}{0.06 \cdot 57.777}\right)^2}} = 7.287 \text{ A} \end{aligned}$$

Действующее значение тока холостого хода:

$$\sin \varphi_2(s) = \frac{X_{KH}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{\omega_0 - \omega}\right)^2 + X_{KH}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{\omega_0 - \omega} \cdot X_\mu\right)^2}}$$

Действующее значение тока холостого хода при номинальном скольжении:

$$\begin{aligned} \sin \varphi_{2H}(s) &= \frac{X_{KH}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s_H}\right)^2 + X_{KH}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_H \cdot X_\mu}\right)^2}} = \\ &= \frac{4.303}{\sqrt{\left(1.737 + \frac{1.688}{0.06}\right)^2 + 4.303^2 + \left(\frac{1.737 \cdot 1.688}{0.06 \cdot 57.777}\right)^2}} = 0.143 \text{ A} \end{aligned}$$

На рисунке 10 показаны электромеханические характеристики для тока статора при различных напряжениях.

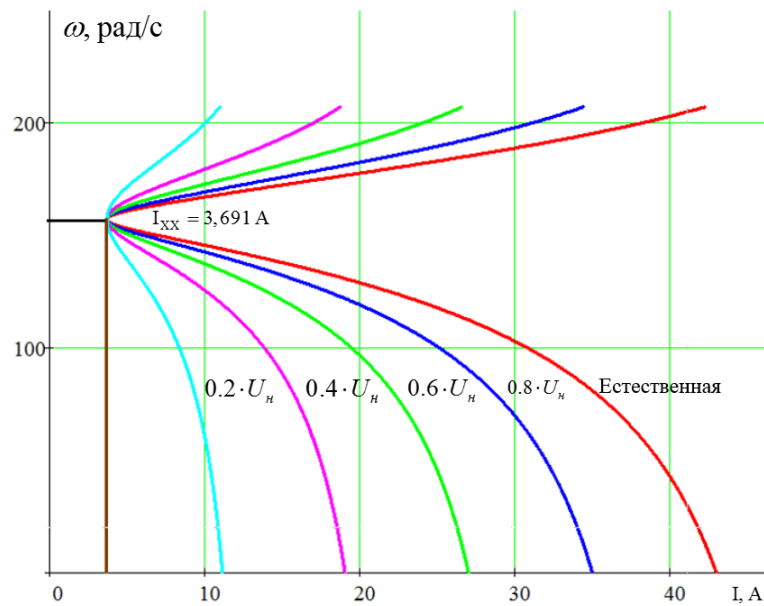


Рисунок 10 – Электромеханические характеристики для тока статора

Формула для расчета естественной механической характеристики:

$$M(\omega) = \frac{3 \cdot U_{1\phi n}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \cdot \left[X_{\kappa n}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \cdot X_\mu} \right)^2 \right]}$$

Критический момент:

$$M(\omega_{кр}) = \frac{3 \cdot U_{1\phi n}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_{кр} \cdot \left[X_{\kappa n}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_{кр}} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_{кр} \cdot X_\mu} \right)^2 \right]} = 72,449 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальный электромагнитный момент:

$$M_{эм.н}^* = \frac{3 \cdot U_{1\phi n}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_n \cdot \left[X_{\kappa n}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_n} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_n \cdot X_\mu} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 1,688}{157,08 \cdot 0,06 \cdot \left[4,303^2 + \left(1,737 + \frac{1,688}{0,06} \right)^2 + \left(\frac{1,737 \cdot 1,688}{0,06 \cdot 57,777} \right)^2 \right]} = 28,539 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

На рисунке 11 показаны характеристики при изменении питающего напряжения.

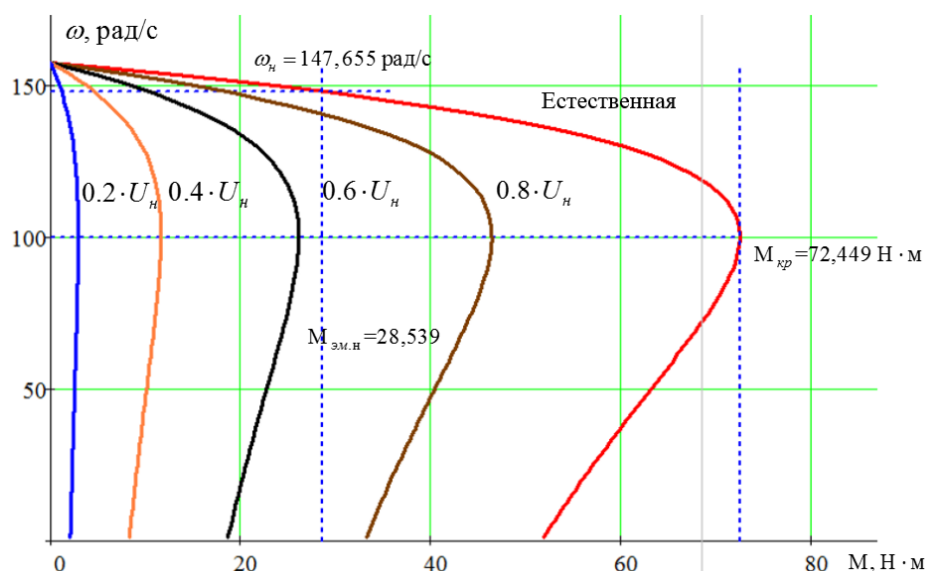


Рисунок 11 – Механические характеристики для различных напряжений питающей сети

2.3 Выбор преобразователя

Тиристорный регулятор напряжения из условий:

$$P_{\text{дв}} \leq P_{\text{трн}}; I_{\text{дв}} \leq I_{\text{трн}}.$$

Для двигателя с мощностью $P_{\text{дв}} = 4$ кВт и номинальным током $I_{\text{ном}} = 8,488$ А. В качестве устройства плавного пуска рассматриваются несколько преобразователей:

1. Устройство плавного пуска ABB PSR9-600-70 4 кВт со следующими характеристиками [20]:

Таблица 3 – Параметры устройства плавного пуска ABB PSR9-600-70 4 кВт

Пылевлагозащита	IP20
Мощность двигателя, не более (кВт)	4
Номинальный ток	9
Номинальное входное напряжение (В)	3-фазы 380-480В ($\pm 10\%$) 50/60 Гц
Номинальное выходное напряжение (В)	3-фазы 380-480В (Соответствует входному напряжению)
Температура эксплуатации	-25...+60
Климатическое исполнение	УХЛ3.1
Встроенный байпас	Есть

Дополнительные функции	-Связь FieldBus. -Время пуска от 0-10 с. -Время останова двигателя 0-20 с. -Начальное напряжение 40-70% от номинального значения
Стоимость, рублей	12105

2. Устройство плавного пуска Schneider Electric Altistart 01 ATS01N209LU со следующими характеристиками [21]:

Таблица 4 – Параметры устройства плавного пуска Schneider Electric Altistart 01 ATS01N109FT

Пылевлагозащита	IP20
Мощность двигателя, не более (кВт)	4
Номинальный ток	9
Номинальное входное напряжение (В)	- Диапазон предельных значений рабочего напряжения: -15% от нижнего и +10% от верхнего значений 50/60 Гц
Температура эксплуатации	-10...40 °С без ухудшения номинальных значений
Климатическое исполнение	УХЛ3.1
Встроенный байпас	Есть
Дополнительные функции	-Регулируемое время пуска/торможения от 1 до 25 сек - Регулирование пускового момента от 30 до 80% номинального момента двигателя
Стоимость, рублей	11188

3. Устройство плавного пуска БУР Т [22] со следующими характеристиками, представленными в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры устройства плавного пуска БУР Т

Пылевлагозащита	IP67
Мощность двигателя, не более (кВт)	4
Номинальный ток	10
Номинальное входное напряжение (В)	- Диапазон предельных значений рабочего напряжения: -15% от нижнего и +10% , частота 50/60 Гц

Условия эксплуатации	-50...60 °С без ухудшения номинальных значений, влажность воздуха до 100%
Климатическое исполнение	УХЛ1
Взрывозащищенный корпус	Маркировка взрывозащиты 1ExdIIBT4
Интерфейс связи	RS 485
Дополнительные функции	-Возможность управлять интенсивностью разгона и управления. -Возможность использовать различные виды торможения (выбег, динамическое, противовключение, комбинация противовключения и динамического торможения). -Режим выборки зазоров в редукторе

БУР Т выбирается в связи с тем, что у него степень защиты больше, чем у других преобразователей, существует возможность его установки на месте (на задвижке), он обладает повышенными функциональными возможностями для управления электроприводом задвижек. Схема подключения преобразователя показана в приложении Б.

2.4 Выбор редуктора

Для электроприводов задвижки требуется создание большого момента во время работы и при закрытии. Номинальный момент двигателя АИМ-А100L4Ехе составляет 28,539 Н*м, что является небольшим значением. Для повышения момента используются редукторы.

Редуктор выбирается с волновой передачей с промежуточными телами качения. Конструкция редуктора показана на рисунке 12.

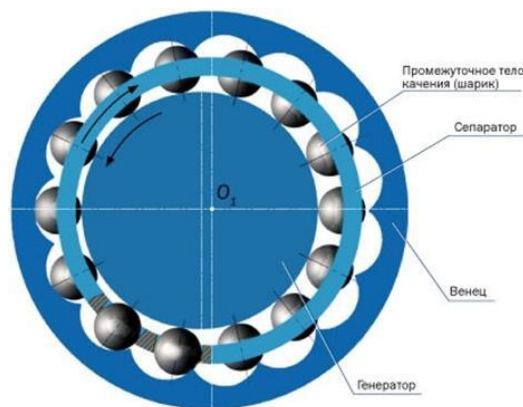


Рисунок 12 – Конструкция волнового редуктора с промежуточными телами качения

Такой вид передачи обладает следующими преимуществами по сравнению с зубчатыми передачами:

- Высокое передаточное число, которое для одноступенчатых редукторов составляет 60, соответственно это позволяет достигнуть высоких крутящих моментов на выходном звене задвижки.

- Высокий КПД, который составляет от 80 до 90%, а для редукторов специальной конструкции до 97.

- Данный тип редукторов имеет при одинаковых коэффициентах передачи имеет меньшие габариты по сравнению с зубчатыми

- Малое значение вибрации, так как он состоит из волновых модулей, которые смещены относительно друг друга на 120 градусов, тем самым обеспечивая уравнивание масс.

- Небольшой угловой зазор (люфт) до 0,8 градусов при нормальной точности и до 0,05 для редукторов с повышенной точностью.

- Небольшой момент инерции, который сравним с моментом инерции приводного двигателя. Благодаря этому существует возможность быстрого запуска или торможения, а также динамичное реверсивное вращение.

Редуктор выбирается одноступенчатый с передаточным отношением $i = 50$. Номинальный момент на выходном звене будет равняться:

$$M_{вых} = M_{двн} \cdot i = 28,539 \cdot 50 = 1426,95 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗАДВИЖКИ

Программа MATLAB с помощью библиотеки SimPower позволяет собрать из готовых блоков систему электропривода ТРН-АД. Данная имитационная модель позволяет снимать переходные процессы и проводить исследования динамических режимов. Недостатки библиотеки SimPower:

- Двигатель из библиотеки (Asynchronous Machine SI Units) реализован с помощью уравнений двухфазной системы координат в осях d, q . Для несимметричных режимов (динамическое торможение, обрыв фазы) такую модель использовать недопустимо.

- Блок Asynchronous Machine SI Units не учитывает того, что у реальных асинхронных двигателей при соединении обмоток статора в звезду общая точка (нулевая) не заземляется. Поэтому в переходных процессах в системе ТРН-АД будет отсутствовать взаимное влияние фаз друг на друга.

Для построения имитационной модели, лишенной вышеприведенных недостатков, необходимо разработать модель системы ТРН-АД в трехфазной системе координат, позволяющая учесть отсутствие заземления общей точки статорных обмоток, соединенных в звезду, а также учесть взаимное влияние фаз друг на друга и характер нагрузки.

Разработанная имитационная модель представляет собой блок S-function Builder программы MATLAB. Такой способ реализации модели позволяет получить следующие преимущества: быстрое действие модели, расчет переходных процессов происходит за несколько секунд; существует возможность перенести систему управления модели (алгоритм работы тиристорov) на реальный процессор.

3.1 Имитационная модель системы ТРН

Имитационная модель тиристорного регулятора напряжения для плавного пуска двигателя разработана с помощью блока S-function Builder, модель показана на рисунке 13.

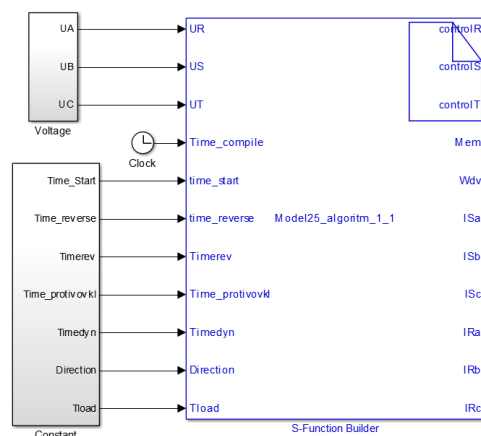


Рисунок 13 – Внешний вид модели тиристорного регулятора напряжения

Для питания тиристорного регулятора напряжения на входы UR, US, UT подается трехфазное напряжение 380 В. На выходе блока формируется напряжение после тиристорov controlR, controlS, controlT. Для удобства использования модели некоторые константы вынесены из кода, они задаются с помощью блоков Constant. Внутренняя структура блока S-function Builder показана на рисунке 14.

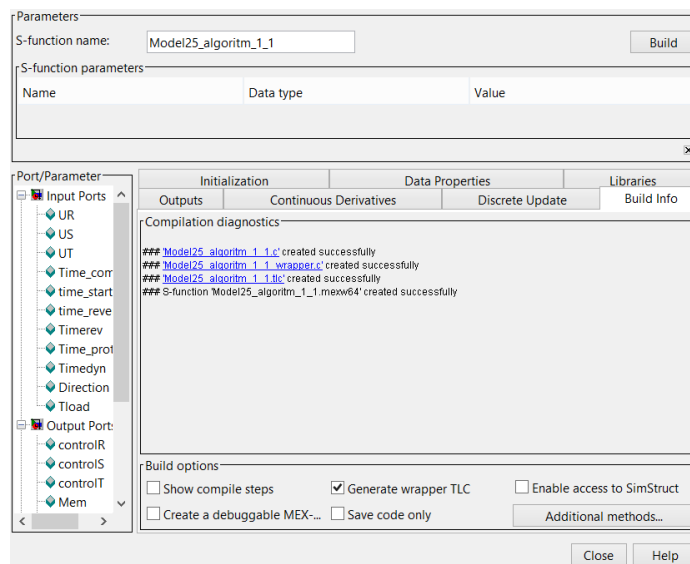


Рисунок 14 – Внутренняя структура блока S-function Builder

Во вкладке Initialization производятся различные настройки, выставляются параметры Sample mode – Discrete, Sample time value – 0.00005555.

Во вкладке Data Properties происходит создание входов (Input ports) и выходов (Output ports). В Libraries происходит подключение различных объектов, библиотек, например, `#include <math.h>`. В Outputs пишется код программы на языке Си, однако перед этим в главном окне MATLAB пишется команда `mex -build` для выбора компилятора. В качестве компилятора используется программный продукт Microsoft Visual Studio 2013.

В Build info при нажатии на кнопку Build происходит компиляция S-функции, а также в окне Compilation diagnostics показывается информация о компиляции, то есть о наличии ошибок или успешной компиляции (created successfully) [23].

Ниже представлен алгоритм для формирования пилы и угла управления.

```
//создание бесконечно-нарастающего сигнала с шагом 1
pilaR++;
pilaS++;
pilaT++;
//Запоминает текущее значение напряжения
prevUR=UR[0];
prevUS=US[0];
prevUT=UT[0];
//алгоритм нахождения переходов через 0
if (((prevUR<=0) && (UR[0]>0)) || (prevUR>=0 && (UR[0]<0)))
pilaR=0;
if (((prevUS<=0) && (US[0]>0)) || (prevUS>=0 && (US[0]<0)))
pilaS=0;
if (((prevUT<=0) && (UT[0]>0)) || (prevUT>=0 && (UT[0]<0)))
pilaT=0;
if (timer_st++ > (18000*time_start[0]/95))
//if (timer_st++ > time_start[0])
{
    alpha--;
    timer_st=0;
}
if (alpha > 90) alpha = 90;
if (alpha < 5) alpha = 5;
```

На рисунке 15 показано изменение напряжения при плавном пуске.

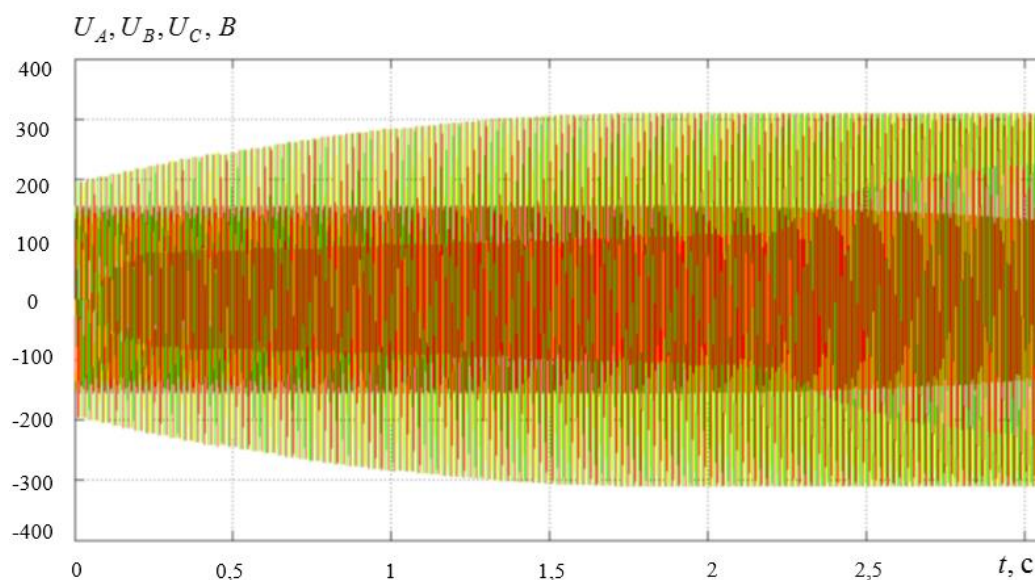


Рисунок 15 – Напряжение при плавном раскрытии угла управления

На рисунке 16 показана форма напряжения при пуске двигателя.

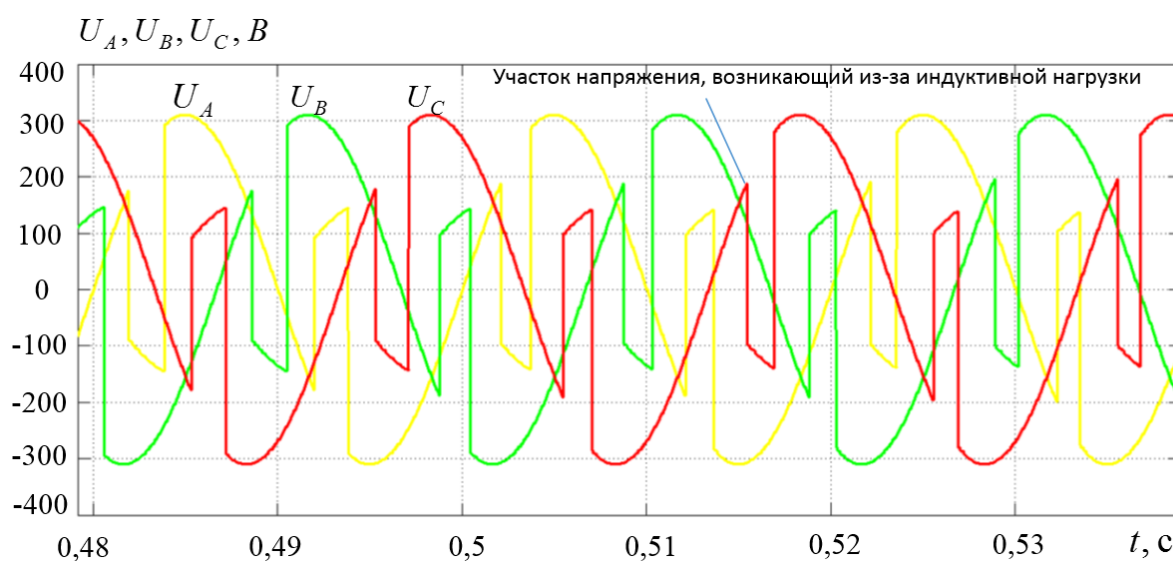


Рисунок 16– Форма напряжения двигателя

Из рисунка 16 видно, что напряжение имеет несинусоидальную форму. Это связано с тем, что тиристор открывается в определенный угол. Однако, из-за того, что двигатель является активно-индуктивной нагрузкой, то напряжение переходит через 0 и продолжает нарастать. Это связано с тем, что в активно-индуктивной нагрузке ток отстает от напряжения, а условие

закрытия тиристора – тогда, когда ток, протекающий через него, станет равным нулю.

3.2 Имитационное моделирование асинхронного двигателя

Для описания асинхронного двигателя используется система дифференциальных уравнений в трехфазной неподвижной системе координат а, b, с (рисунок 18), жестко связанной со статором. Такая запись уравнений позволяет учесть все виды несимметрии питающего напряжения и параметров обмоток, и существует возможность выполнять расчеты переходных процессов в статических или динамических режимах работы при питании от источников с несинусоидальной формой напряжения.

При составлении уравнений были следующие следующие общепринятые допущения и ограничения: магнитная система не насыщена, отсутствуют потери на гистерезис и от вихревых токов, величины активных сопротивлений и индуктивностей постоянны, фазные обмотки симметричны и сдвинуты относительно друг друга на 120 градусов, воздушный зазор равномерен, при синусоидальном симметричном напряжении питания распределение магнитного потока в воздушном зазоре синусоидальное [24].

Уравнения напряжений в преобразованной трехфазной системе координат [19]:

$$\begin{cases} U_A = R_s i_A + d\Psi_A / dt; \\ U_B = R_s i_B + d\Psi_B / dt; \\ U_C = R_s i_C + d\Psi_C / dt; \\ 0 = R_r i_a + d\Psi_a / dt + (\Psi_b - \Psi_c) \omega_r / \sqrt{3}; \\ 0 = R_r i_b + d\Psi_b / dt + (\Psi_c - \Psi_a) \omega / \sqrt{3}; \\ 0 = R_r i_c + d\Psi_c / dt + (\Psi_a - \Psi_b) \omega / \sqrt{3}; \end{cases} \quad (1)$$

Потокоцепления:

$$\begin{aligned}
\Psi_A &= L_{SA}i_A - \frac{1}{2}L_m i_B - \frac{1}{2}L_m i_C + L_m i_a - \frac{1}{2}L_m i_b - \frac{1}{2}L_m i_c; \\
\Psi_B &= -\frac{1}{2}L_m i_A + L_{SB}i_B - \frac{1}{2}L_m i_C - \frac{1}{2}L_m i_a + L_m i_b - \frac{1}{2}L_m i_c; \\
\Psi_C &= -\frac{1}{2}L_m i_A - \frac{1}{2}L_m i_B + L_{SC}i_C - \frac{1}{2}L_m i_a - \frac{1}{2}L_m i_b + L_m i_c; \\
\Psi_a &= L_m i_A - \frac{1}{2}L_m i_B - \frac{1}{2}L_m i_C + L_R i_a - \frac{1}{2}L_m i_b - \frac{1}{2}L_m i_c; \\
\Psi_b &= -\frac{1}{2}L_m i_A + L_m i_B - \frac{1}{2}L_m i_C - \frac{1}{2}L_b i_a + L_K i_b - \frac{1}{2}L_m i_c; \\
\Psi_c &= -\frac{1}{2}L_m i_A - \frac{1}{2}L_m i_B + L_m i_C - \frac{1}{2}L_m i_a - \frac{1}{2}L_m i_b + L_R i_c;
\end{aligned}$$

Подставляя потокосцепления в систему уравнений напряжений (1), получаем 6 уравнений и 6 неизвестных: $i_A, i_B, i_C, i_a, i_b, i_c$. Для решения полученной системы численным методом необходимо привести ее к нормальной форме Коши, алгебраически систему 1 привести к нормальной форме Коши затруднительно, поэтому используется матричная форма записи уравнений. Матричное уравнение выглядит следующим образом [25]:

$$\frac{d[i]}{dt} = [L_1]^{-1} \cdot \left\{ [U] - ([R] + [L_2] \cdot \frac{\omega}{\sqrt{3}}) \cdot [i] \right\}$$

$[i]$ - матрица неизвестных (токи статора и ротора); $[U]$ - матрица напряжений; $[R]$ - матрица сопротивлений; $[L_1], [L_2]$ - матрицы индуктивностей.

$$[i] = \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \\ i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}; \quad [U] = \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad [R] = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_r & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_r \end{bmatrix};$$

$$[L_1] = \begin{bmatrix} L_S & -L_m/2 & -L_m/2 & L_m & -L_m/2 & -L_m/2 \\ -L_m/2 & L_S & -L_m/2 & -L_m/2 & L_m & -L_m/2 \\ -L_m/2 & -L_m/2 & L_S & -L_m/2 & -L_m/2 & L_m \\ L_m & -L_m/2 & -L_m/2 & L_R & -L_m/2 & -L_m/2 \\ -L_m/2 & L_m & -L_m/2 & -L_m/2 & L_R & -L_m/2 \\ -L_m/2 & -L_m/2 & L_m & -L_m/2 & -L_m/2 & L_R \end{bmatrix}$$

$$[L_2] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2}L_m & -\frac{3}{2}L_m & 0 & (L_R + \frac{1}{2}L_m) & -(L_R + \frac{1}{2}L_m) \\ -\frac{3}{2}L_m & 0 & \frac{3}{2}L_m & -(L_R + \frac{1}{2}L_m) & 0 & (L_R + \frac{1}{2}L_m) \\ \frac{3}{2}L_m & -\frac{3}{2}L_m & 0 & (L_R + \frac{1}{2}L_m) & -(L_R + \frac{1}{2}L_m) & 0 \end{bmatrix}$$

Так как решением матричного уравнения будут токи, то можно записать следующее:

$$M_{\varphi} = p_n \frac{\sqrt{3}}{2} L_m [(i_A i_c + i_B i_a + i_C i_b) - (i_A i_b + i_B i_c + i_C i_a)].$$

Уравнение движения электропривода:

$$\frac{J_{\Sigma}}{p_n} \cdot \frac{d\omega}{dt} = M - M_c.$$

Для проверки адекватности модели сравниваем прямой пуск данной модели с моделью программы MATLAB Asynchronous Machine SI Units. Схема для проверки имеет вид, представленный на рисунке 17.

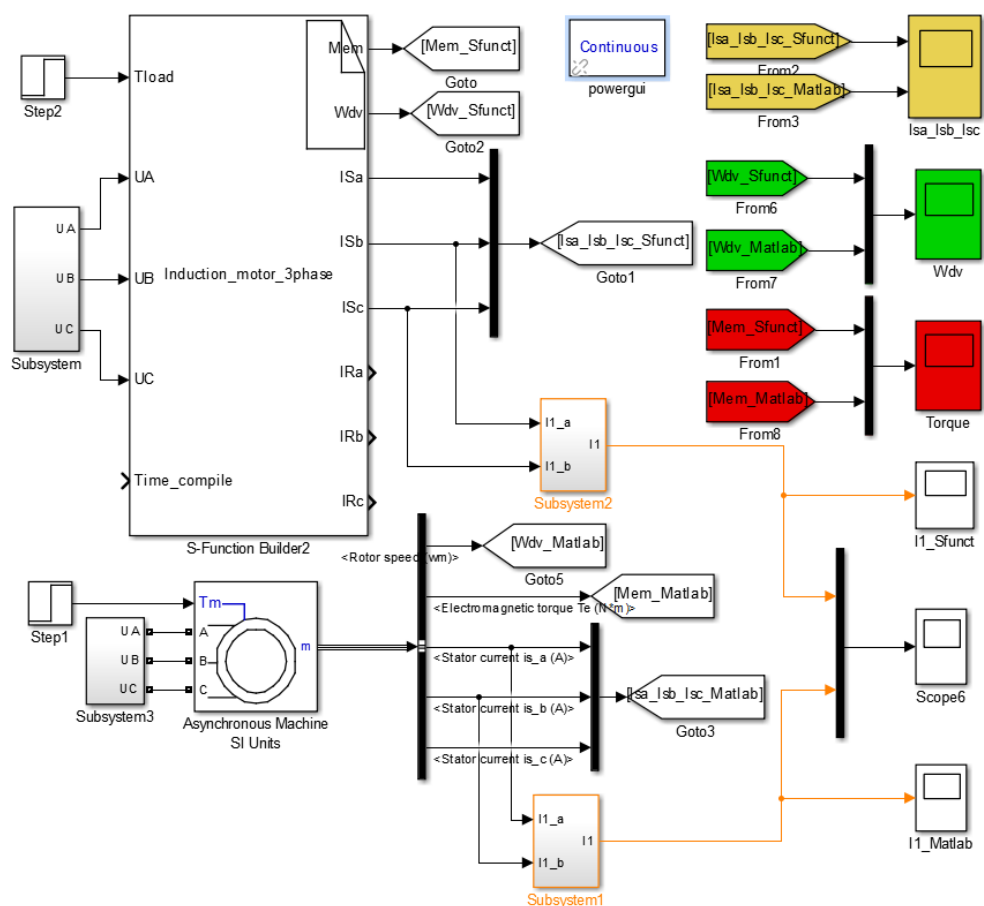


Рисунок 17 – Схема для проверки адекватности модели асинхронного двигателя

Уравнения для трехфазной неподвижной системы координат решены численным методом Эйлера 1-ого порядка. В полученной программе были получены графики переходных процессов для прямого пуска двигателя с последующим набросом нагрузки.

Графики скорости, вращающего момента, действующих значения тока и токов статора показаны на рисунках 18, 19, 20, 21.

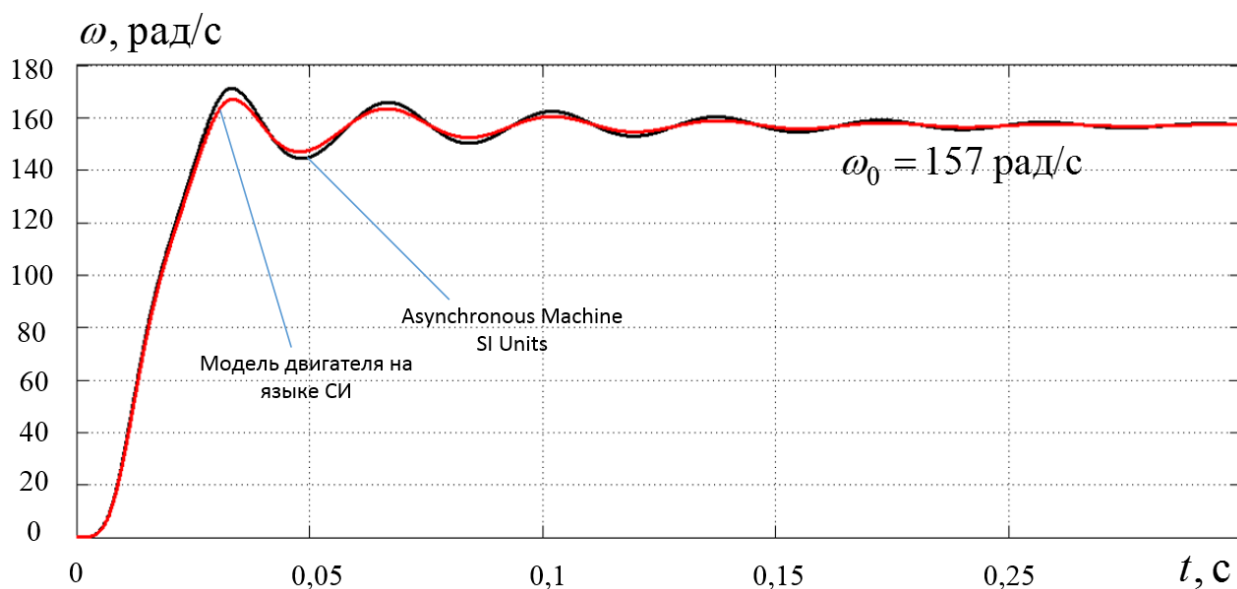


Рисунок 18 – График скорости для прямого пуска

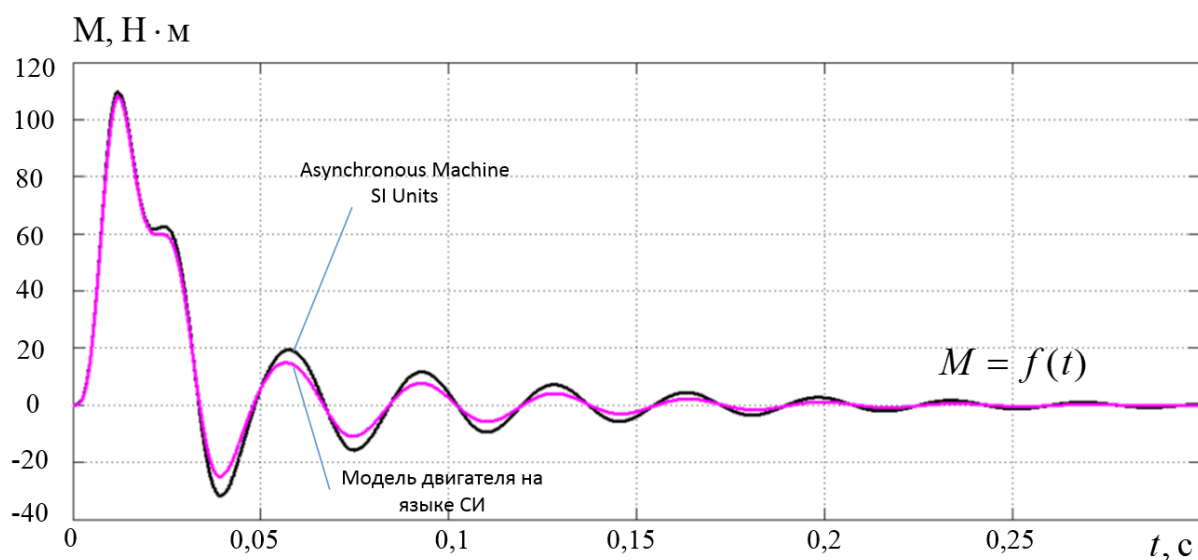


Рисунок 19 – График момента при прямом пуске

На рисунках 20, 21 помимо прямого пуска происходит наброс номинальной нагрузки $M_c = M_{эм.н}$.

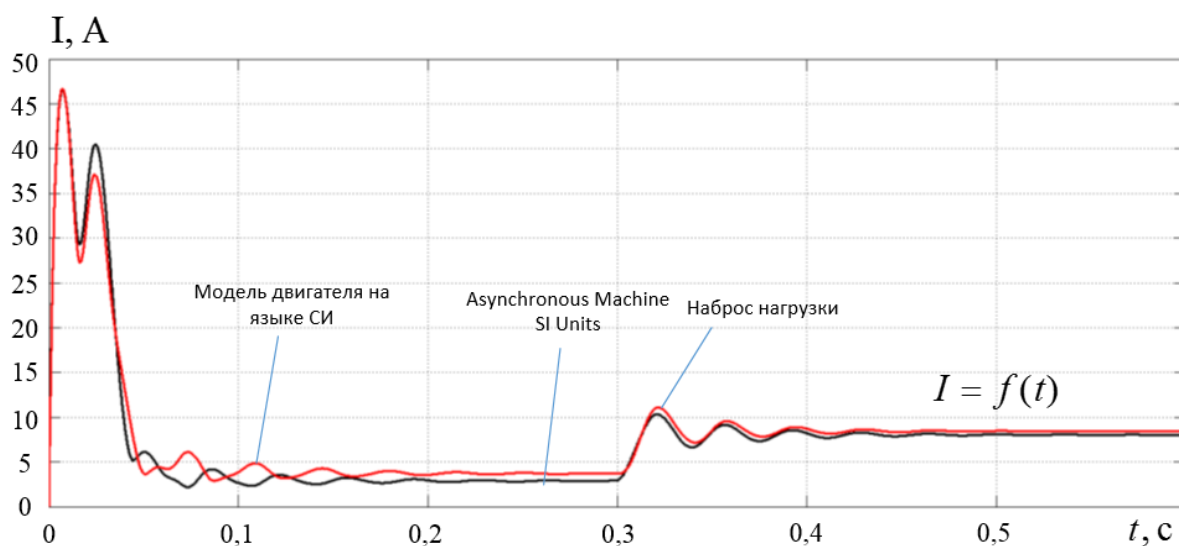


Рисунок 20 – Действующее значение тока

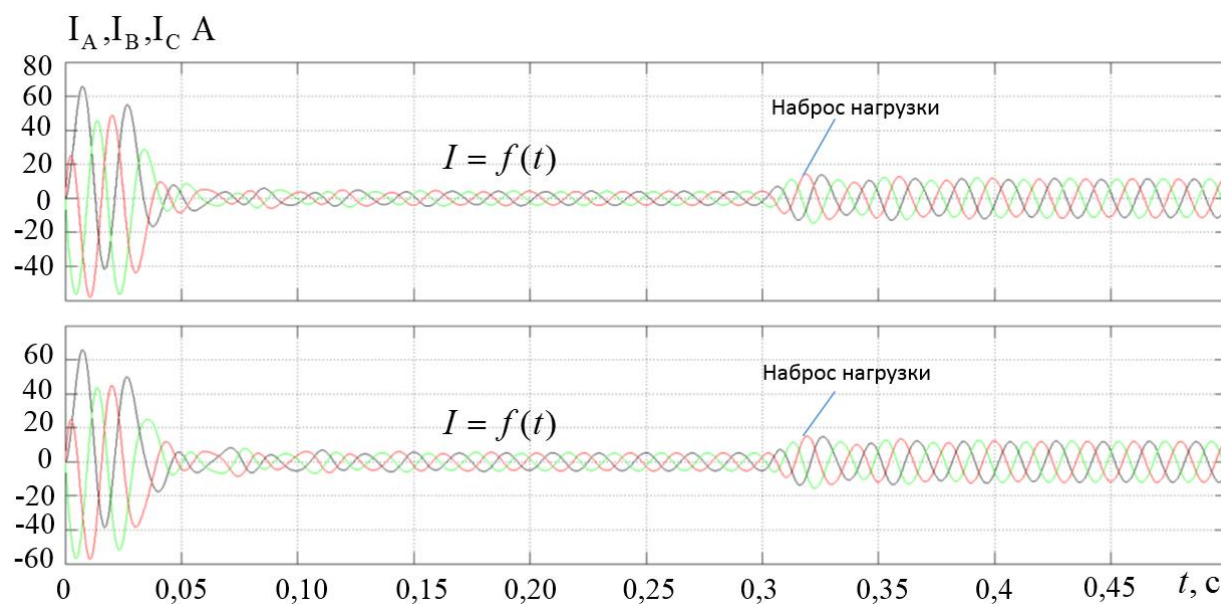


Рисунок 21– Токи в фазах А, В, С

Разница между частотой вращения двигателя, электромагнитного момента и действующего значения тока при набросе нагрузки составляет 0,3 рад/с, 1,5 Н·м и 0,3 А.

По полученным данным можно сделать вывод, что разработанная модель асинхронного двигателя в трехфазной неподвижной системе координат является рабочей, и ее можно использовать для дальнейших исследований режимов работы системы ТРН-АД.

3.3 Исследование различных режимов работы электропривода на имитационной модели

В данном разделе будет проведен ряд исследований на имитационной модели электропривода задвижки. Будет проведен плавный пуск при различной интенсивности, проведено сравнение плавного пуска и прямого пуска электропривода, представлен график переходного процесса для торможения выбегом. Будет рассмотрен режим ограничения токов при превышении допустимого момента нагрузки.

На валу электропривода задвижки всегда присутствует момент реактивной статической нагрузки, соответственно пуск электропривода осуществляется под нагрузкой, которая зависит от типа задвижки, редуктора и равна $M_c = M_n$.

3.3.1 Сравнение прямого пуска и плавного

Для наглядного сравнения плавного и прямого пуска на имитационной модели было проведено исследование переходных процессов для скорости, момента и тока двигателя. Плавный пуск проводился со следующими параметрами: время раскрытия угла управления составляет 5 секунд, начальный угол 140 градусов. На рисунке 22 показан Переходный процесс для скорости $\omega = f(t)$ для плавного и прямого пусков и изменение угла управления $\alpha = f(t)$.

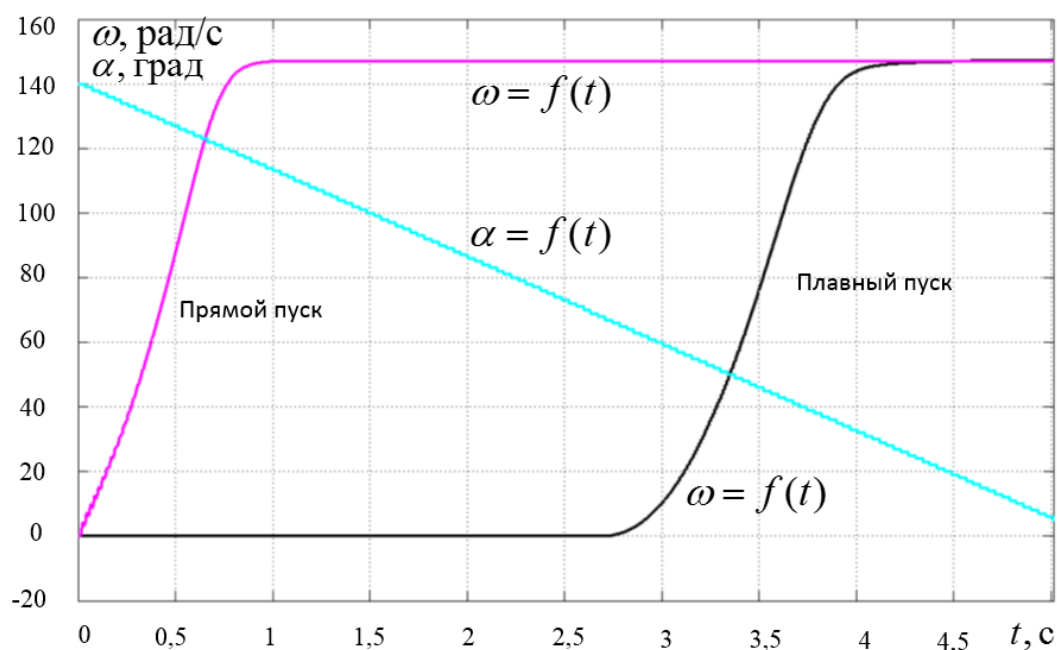


Рисунок 22 – Переходный процесс скорости $\omega = f(t)$ для плавного и прямого пусков и изменение угла управления $\alpha = f(t)$

Из рисунка 22 видно, что при прямом пуске под нагрузкой скорость появляется в самом начале. Во время плавного пуска скорость появляется после 2,75 секунд. Так как электромагнитный момент асинхронного двигателя зависит от квадрата напряжения питающей сети, то при большом угле управления тиристора на двигатель подается небольшое напряжение, вследствие чего он не может развить требуемого электромагнитного момента для преодоления статического момента нагрузки. При достижении угла управления $\alpha = 70$ градусов двигатель начинает вращаться.

На рисунке 23 показаны переходные процессы для момента во время прямого пуска и во время плавного пуска.

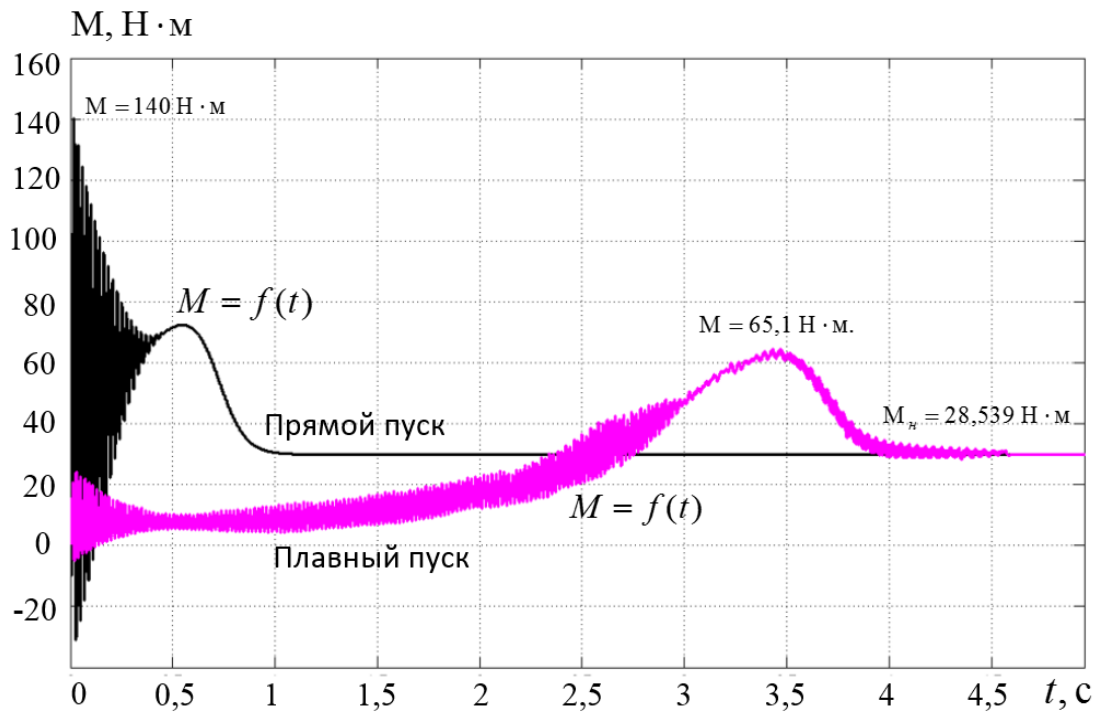


Рисунок 23 – Переходный процесс момента $M = f(t)$ для плавного и прямого пусков

Во время прямого пуска происходит колебательный процесс изменения момента. Максимальное значение момента во время прямого пуска достигает значения $M = 140 \text{ H} \cdot \text{м}$. Максимальное значение электромагнитного момента двигателя во время плавного пуска ограничивается на значении $M = 65,1 \text{ H} \cdot \text{м}$.

На рисунке 24 показан переходный процесс действующего значения тока статора $I = f(t)$ для плавного и прямого пусков.

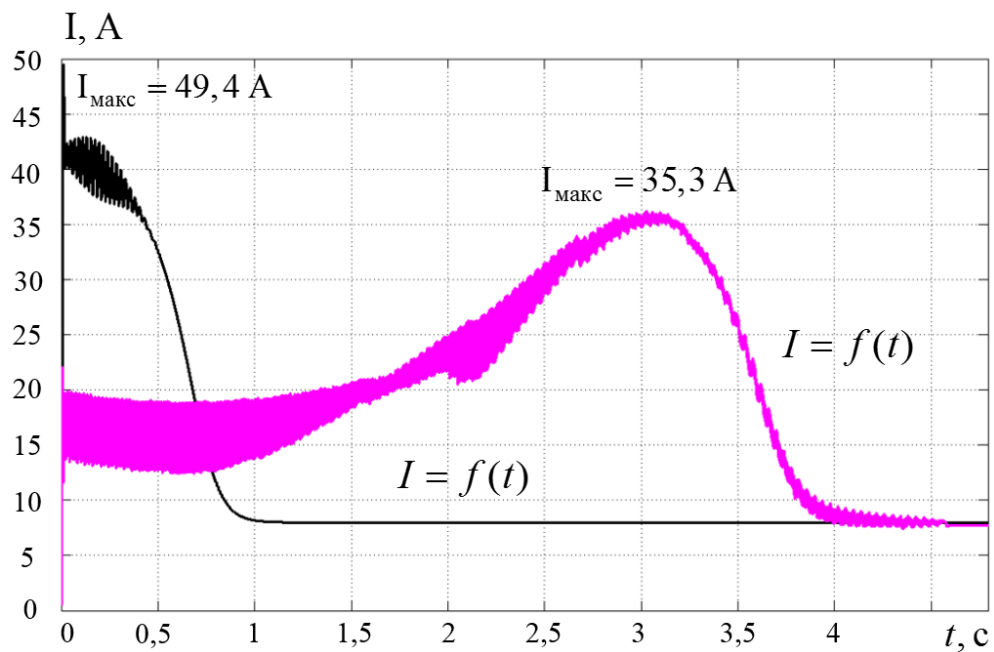


Рисунок 24 – Переходный процесс действующего значения тока статора $I = f(t)$ для плавного и прямого пусков

Из рисунка 24 видно, что максимальное значение тока при прямом пуске достигает 49,4 А, а время его достижения составляет 0,04 секунды. Во время плавного пуска максимальная величина тока достигает 35,3 А, время нарастания тока составляет 3 секунды.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что плавный пуск при начальном угле 140 градусов и времени раскрытия угла 5 секунд позволяет снизить бросок момента во время пуска двигателя под нагрузкой в 2,15 раз, а значение пускового тока снизить в 1,4 раза.

Также происходит плавное изменение этих величин. Например, момент во время плавного пуска нарастает за время 3,45 секунд, а бросок момента при прямом пуске происходит за 0,03 секунды. Такая скорость нарастания момента может оказывать негативное влияние на механические элементы электропривода, например, на редуктор, так как возникают механические удары.

Однако, у плавного пуска существует недостаток, который виден из рисунка 22. Скорость появляется только на 2,75 секунде, во время этого

ротор неподвижен, следовательно, двигатель находится в режиме короткого замыкания. Однако, значения токов в таком режиме меньше, чем значения токов при прямом пуске, так как на статор двигателя подводится неполное напряжение, что снижает токи короткого замыкания.

3.3.2 Плавный пуск

Плавный пуск осуществляется путем плавного раскрытия угла управления тиристоров. Плавность пуска можно менять двумя методами: изменять начальный угол открытия тиристоров или изменять интенсивность раскрытия угла управления.

1. Время раскрытия угла управления составляет 5 секунд, начальный угол 100 градусов. На рисунке 25 показаны переходные процессы плавного пуска для скорости $\omega = f(t)$, момента двигателя $M = f(t)$ и действующего значения тока статора $I = f(t)$.

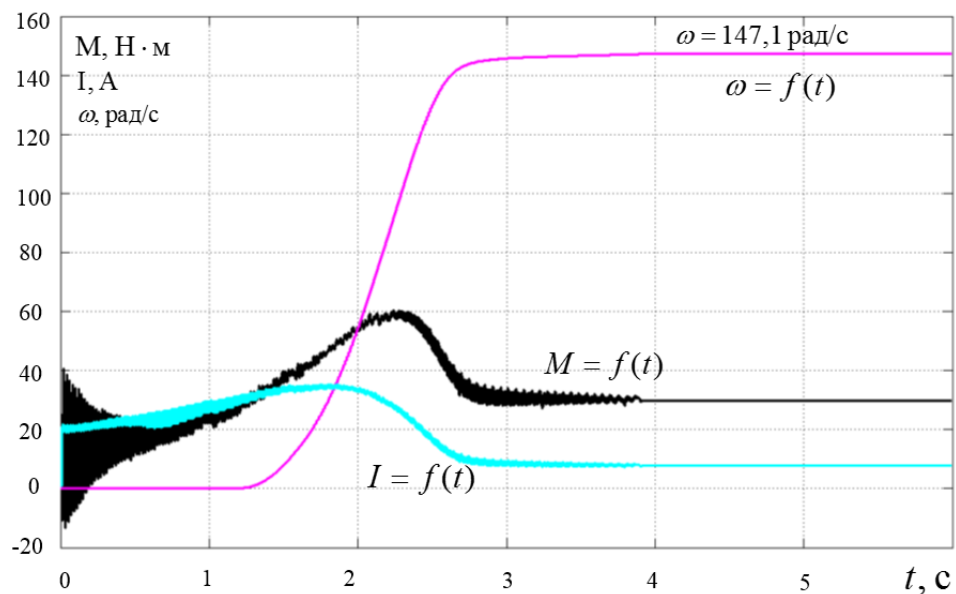


Рисунок 25 – Переходный процесс плавного пуска для скорости $\omega = f(t)$, момента $M = f(t)$ и действующего значения тока статора $I = f(t)$

Если сравнить переходные процессы рисунка 25 с рисунками 22, 23 и 24, то видно, что при снижении начального угла процесс разгона двигателя

происходит быстрее, скорость появляется после 1,27 секунды. Момент нарастает за 2,34 секунды и ограничивается на величине $M = 59,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Максимальное значение тока во время пуска составляет 35,1 А.

2.Время раскрытия угла составляет 2 секунды, начальный угол 90 градусов. На рисунке 26 показан переходный процесс плавного пуска для скорости $\omega = f(t)$, момента $M = f(t)$ и действующего значения тока статора $I = f(t)$.

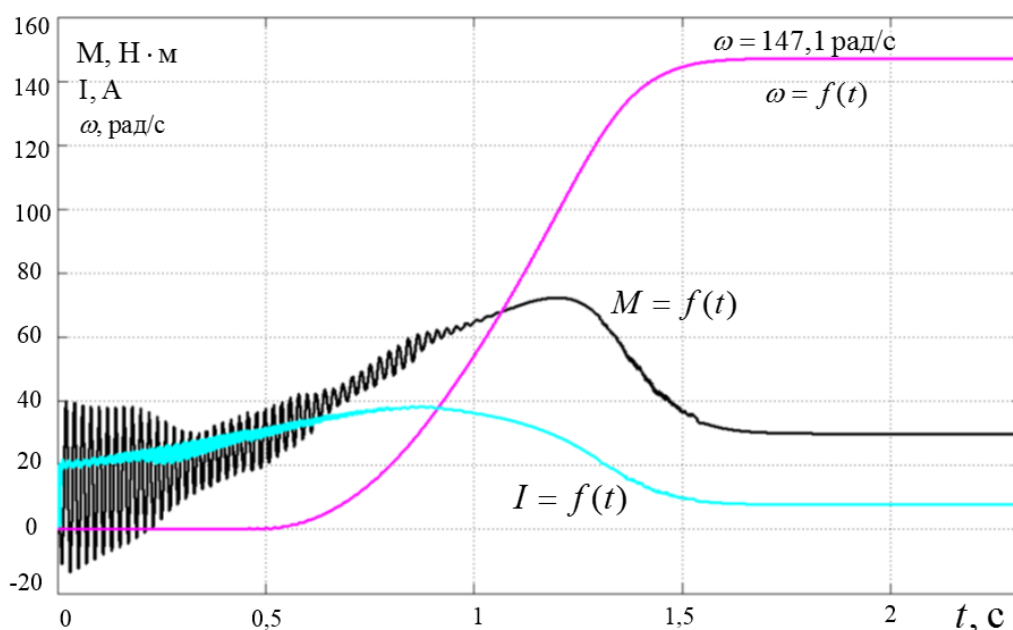


Рисунок 26 – Переходный процесс плавного пуска для скорости $\omega = f(t)$, момента $M = f(t)$ и действующего значения тока статора $I = f(t)$

Из рисунка 26 видно, что скорость появляется после 0,52 секунды. Двигатель начинает работать на номинальном моменте нагрузки после 1,64 секунды. Максимальное значение момента увеличилось до величины $M = 72,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$, которое достигается в 1,27 секунд. Максимальное значение тока составляет 39,2 А.

Однако в начале переходного процесса увеличились колебания момента, развиваемого двигателем. Чем больше интенсивность раскрытия угла управления, тем больше будут колебания во время пуска двигателя.

3.3.3 Торможение электропривода

Торможение электропривода задвижки начинается после того, как срабатывает концевой выключатель задвижки. Процесс торможения двигателя может быть различным: торможение выбегом, динамическое торможение, торможение противовключением, или комбинированный вариант с применением противовключения в начале торможения и динамическим торможением в конце.

В качестве основного вида торможения используется торможение выбегом, так как на вал двигателя действует реактивная нагрузка, которая равна номинальной. Поэтому в связи с таким типом нагрузки двигатель затормозится достаточно быстро.

Остальные виды торможения применяются для электроприводов задвижек в том случае, когда электропривода устанавливаются на большие трубопроводы с большой величиной рабочего давления. Такие условия требуют мощных двигателей, массивных редукторов с большим передаточным отношением и массивных запирающих элементов. Это увеличивает момент инерции на валу двигателя. Для эффективного и точного торможения в таких случаях используется комбинированное торможение.

Переходные процессы для торможения электропривода выбегом, полученные с помощью имитационной модели, показаны на рисунке 27.

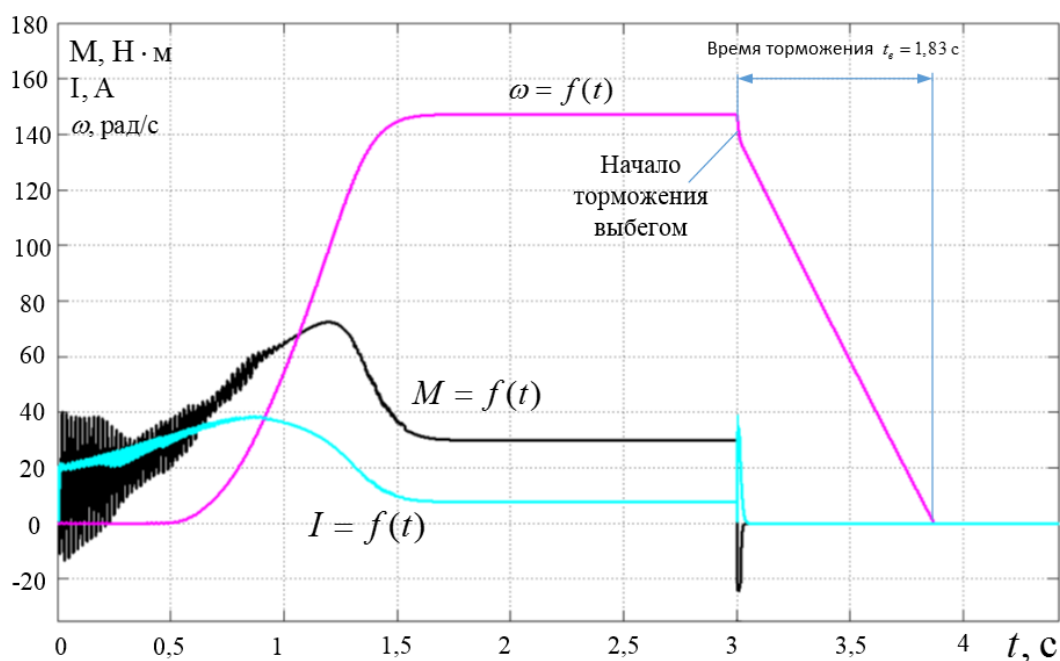


Рисунок 27 – Торможение выбегом

Торможение происходит за время 1,83 секунды.

3.3.4 Режим ограничения момента

Режим ограничения момента применяется как один из видов защит электропривода. Например, при заклинивании задвижки или при попадании твердого тела под запирающий элемент происходит резкое нарастание момента. Увеличение момента нагрузки приводит к просадке скорости, а также к увеличению тока двигателя. Поэтому в таком случае происходит снижение угла до определенного значения, а затем дальнейшее отключение двигателя от питающей сети.

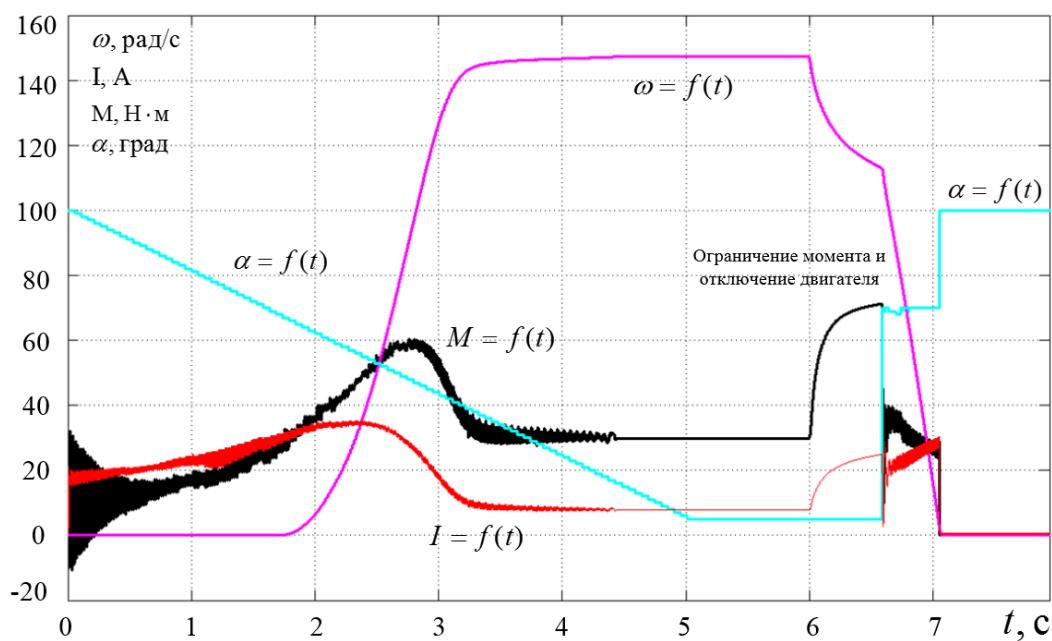


Рисунок 28 – Режим ограничения момента

При увеличении момента выше определенного значения (зависит от настройки) происходит увеличение угла управления тиристоров для уменьшения напряжения, которое подается на обмотки статора. Снижение напряжения также влияет на токи двигателя, протекающие по обмоткам. Если напряжение не уменьшать, то они будут превышать номинальные в несколько раз, вследствие чего произойдет перегрев. При уменьшении питающего напряжения падает момент, развиваемый двигателем. Частота вращения ротора снижается до 0, так как создаваемый момент двигателя меньше статического и двигатель отключается от сети. Если же во время работы увеличение момента было непродолжительным (скорость не снизится до 0), то тогда угол управления тиристорами начинает уменьшаться, что приведет к росту напряжения и момента двигателя, после чего двигатель продолжит работать.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ТРН

Во время прохождения практики в компании АО «ЭлеСи» был проведен ряд экспериментальных исследований системы ТРН-АД. Были сняты различные переходные процессы для динамических режимов работы электропривода: плавный пуск при различной интенсивности и прямой пуск, динамическое и комбинированное торможение.

4.1 Описание экспериментальной установки

Экспериментальные переходные процессы исследовались и записывались с помощью испытательного стенда. Испытательный стенд показан на рисунках 29 и 30.

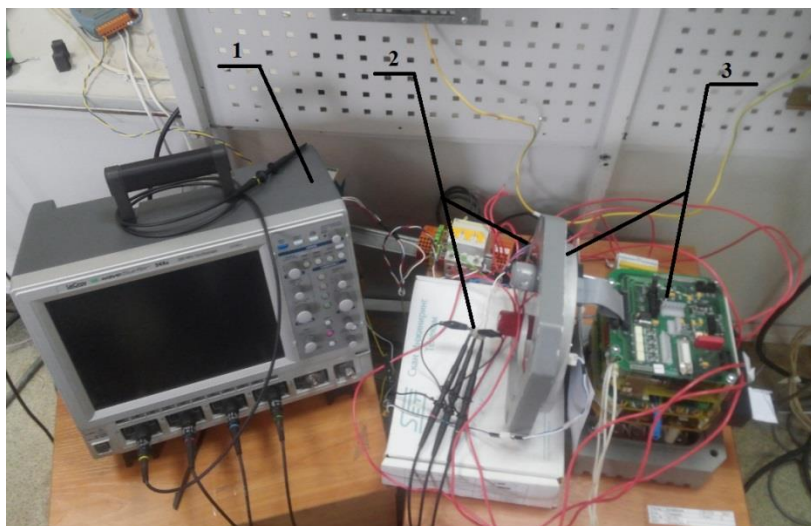


Рисунок 29 – Измерительная и управляющая часть стенда

Данная часть стенда состоит из осциллографа Лесроу (1). Он подключается к измерительным резисторам (2), которые идут от датчиков тока CSNA111.

С помощью осциллографа измеряется падение напряжения на резисторах. Масштаб напряжения, полученный на осциллограммах зависит от числа витков, намотанных на датчик тока. Отношение напряжения, полученного на резисторах, к измеряемому току равно $1V=10A$.

Основной частью является блок БУР-V (3), который является тиристорным регулятором напряжения. К блоку с помощью

коммуникационного протокола Modbus по интерфейсу RS-485 происходит подключение к персональному компьютеру, который управляет тиристорным регулятором при помощи программы Viewer.

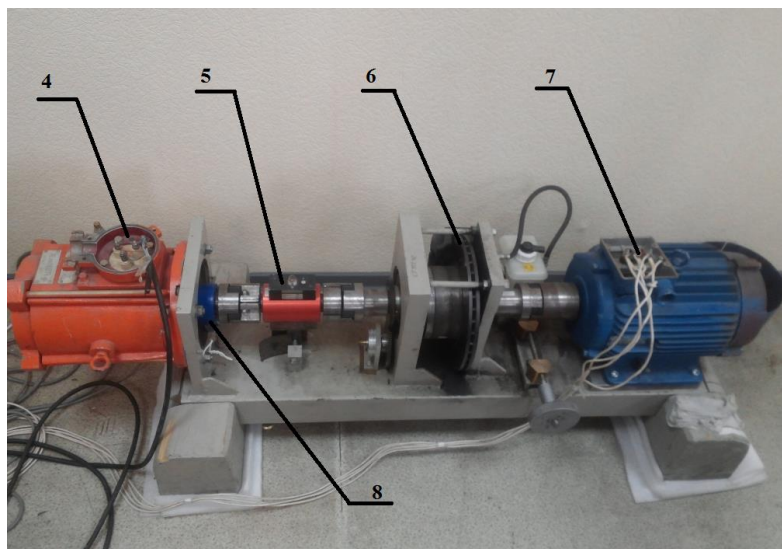


Рисунок 30 – Механическая часть стенда

Механическая часть стенда состоит из исследуемого асинхронного двигателя АИМ-А100L4Ехе Ухл1 (4), датчика момента Dr. Staiger Mohilo S-0160 DM 100L (5), тормозного барабана для имитации статической нагрузки (6), нагрузочного асинхронного двигателя АИРМ132М6У (7), абсолютного энкодера (8).

4.2 Экспериментальные исследования работы тиристорного регулятора напряжения

В данном разделе показаны результаты экспериментальных исследований форм напряжений и токов на выходе тиристорного регулятора напряжения. В первом опыте рассматривается работа преобразователя на двигательную нагрузку, особенность заключается в том, что у двигателей нулевая точка не подключается к сети, поэтому фазы влияют друг на друга. Во втором опыте исследуется работа преобразователя на активную нагрузку, в качестве которой выступают три параллельно работающих лампочки накаливания, особенностью этого эксперимента является то, что нейтральная

точка не подключается к сети. В третьем опыте также используется активная нагрузка, однако нейтральная (общая) точка подключается к сети.

Напряжение измеряется в одной фазе. Щупы осциллографа подсоединяются к фазе после ТРН и нулевому проводу питающей сети.

4.2.1 Работа на активную нагрузку с заземленной нейтралью

Масштаб по осциллографу: одно деление по вертикали – 180 В, 15 А, одно деление по горизонтали – 5 мс.

На рисунке 31 показан переходный процесс для напряжений и токов.

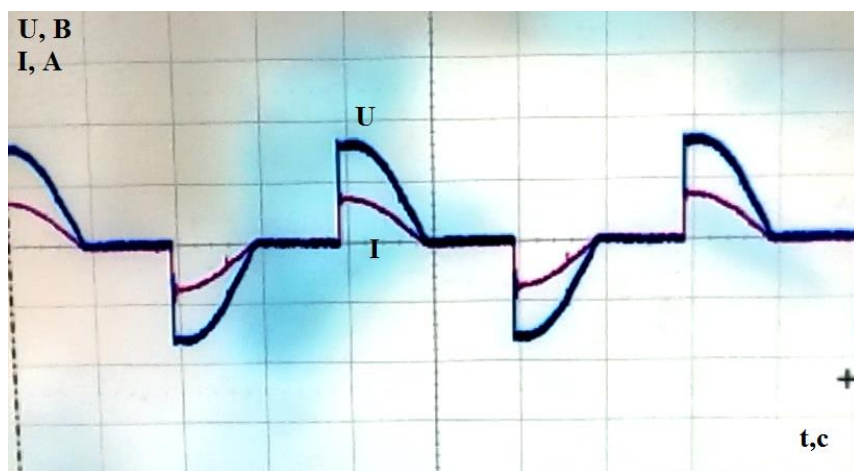


Рисунок 31 – Переходный процесс для токов и напряжений активной трехфазной нагрузки с заземленной нейтралью

На рисунке 32 показан переходный процесс для напряжений и токов в конце раскрытия угла напряжения.

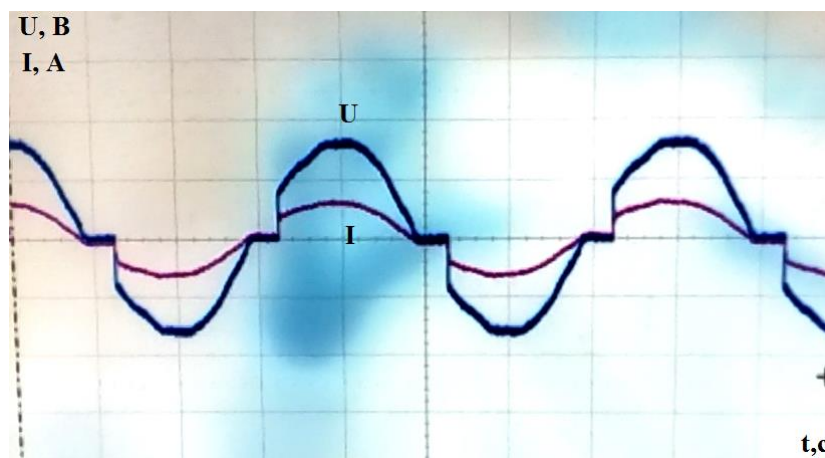


Рисунок 32 – Напряжение и токи в конце переходного процесса для активной трехфазной нагрузки с заземленной

На рисунках 31 и 32 видно, что напряжение изменяется в зависимости угла. Также напряжение не искажается, так как общая точка подключена к нейтрали сети, в связи с этим отсутствует взаимное влияние фаз друг на друга. Так же отсутствуют участки напряжения, которые появлялись в опытах с двигателем и в модели из-за влияния активно-индуктивной нагрузки.

Минимальный угол работы ТРН выставлен программно и равняется 20 градусам. Из переходного процесса рисунка видно, что отсутствует часть напряжения из-за данного угла.

4.2.2 Работа на активную нагрузку с незаземленной нейтралью

Масштаб по осциллографу: одно деление по вертикали – 180 В, 15 А, одно деление по горизонтали – 5 мс.

На рисунке 33 показан переходный процесс для напряжений и токов.

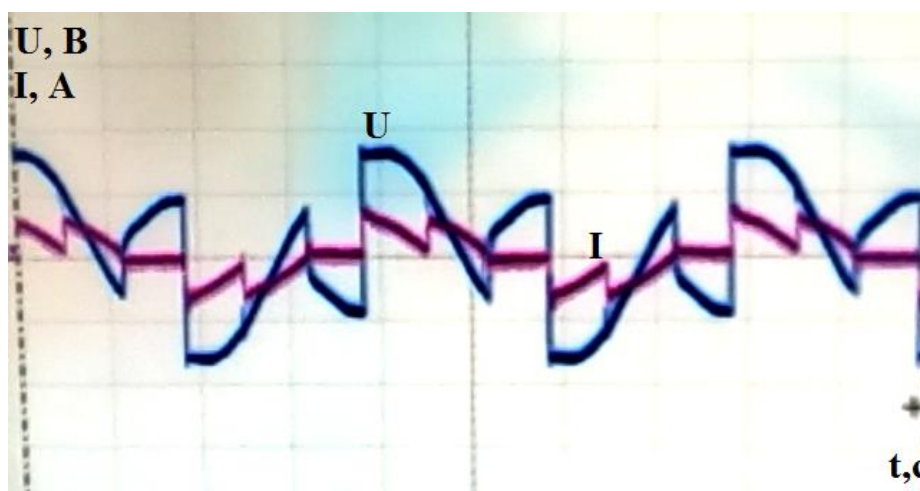


Рисунок 33 – Переходный процесс для токов и напряжений одной фазы активной трехфазной нагрузки с незаземленной нейтралью при плавном пуске

Из рисунка 33 видно, что форма напряжения искажается тогда, когда общая точка звезды не подключена к нулевому проводу.

На рисунке 34 показан переходный процесс для напряжений и токов в конце переходного процесса.

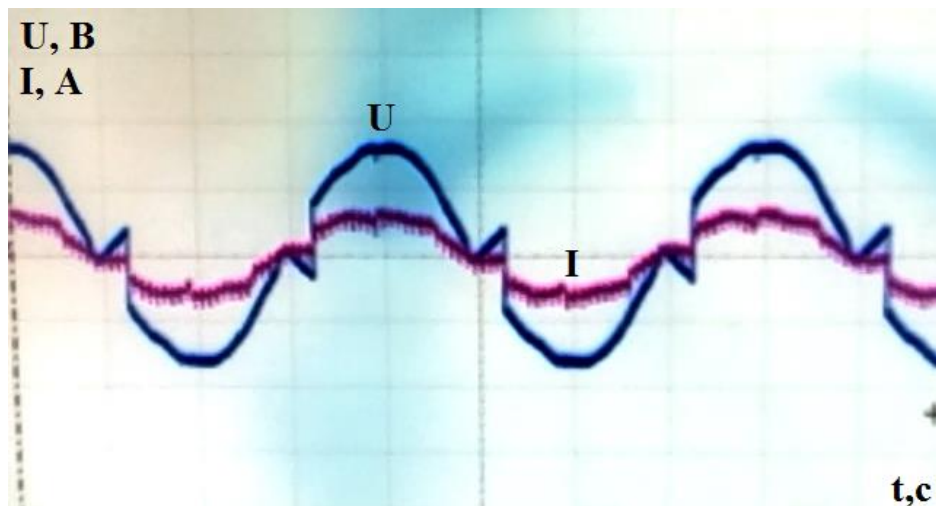


Рисунок 34 – Напряжение и токи в конце переходного процесса одной фазы активной трехфазной нагрузки с незаземленной нейтралью при плавном пуске

Из рисунка 34 видно, что форма напряжения в конце переходного процесса тоже искажается, так как присутствует влияние нулевого провода и других фаз на напряжение данной фазы.

4.2.3 Работа на двигательную нагрузку

Масштаб по осциллографу: одно деление по вертикали – 180 В, 15 А, одно деление по горизонтали – 5 мс.

На рисунке 35 показан переходный процесс для напряжений и токов.

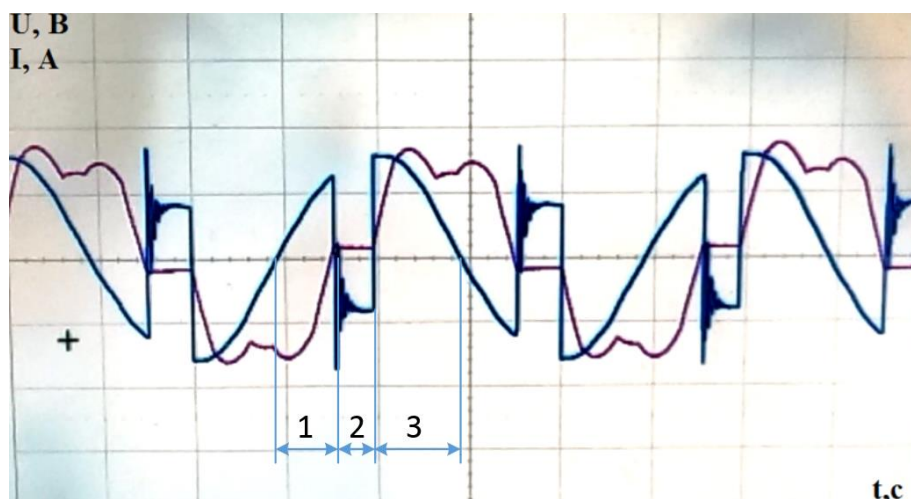


Рисунок 35 – Переходный процесс для напряжений и токов одной фазы двигателя при плавном пуске

На участке 1 обратное напряжение на тиристоре возникает из-за активно-индуктивной нагрузки. В этот момент времени на участке 1 ток не снизился до 0, а продолжает протекать. Тиристор закроется тогда, когда ток через него станет равным 0. Вследствие чего возникает напряжение на участке 1. На участке 2 ток фазы становится равным нулю, а напряжение на тиристоре появляется из-за влияния соседних фаз. На участке 3 происходит подача импульса управления в зависимости от угла, после чего тиристор открывается и начинает протекать ток.

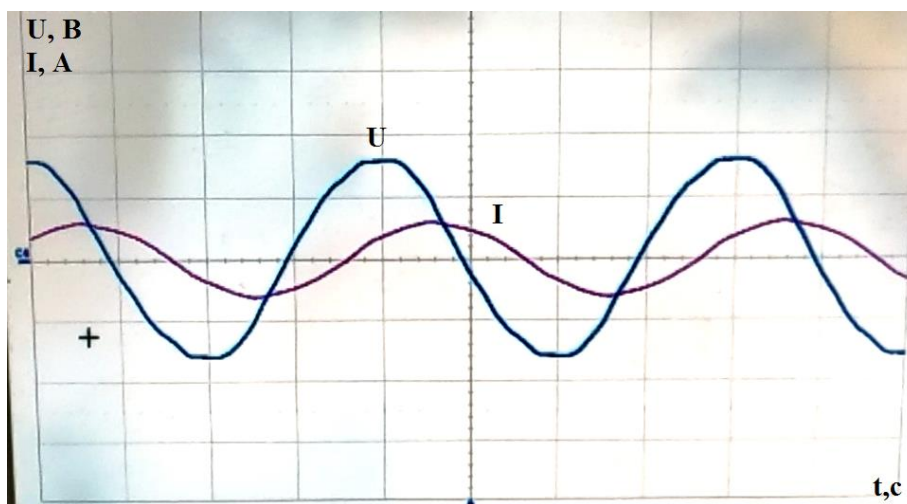


Рисунок 36 – Переходный процесс для токов и напряжений одной фазы двигателя при плавном пуске при угле управления 35 градусов

На рисунке 35 видно, что формы токов и напряжений сильно искажаются из-за взаимного влияния фаз друг на друга, так как при подключении асинхронных двигателей общая точка звезды остается неподключенной. Также влияние на напряжение влияет активно-индуктивная нагрузка.

Из рисунка 36 видно, что при данном угле (в этот момент он равняется 35 градусам) напряжение и токи имеют синусоидальную форму, в отличие от рисунка 35. Следовательно, можно сделать вывод о том, что дальнейшее понижение угла управления тиристора не имеет практической ценности из-за влияния активно-индуктивной нагрузки.

4.3 Исследование режимов работы электропривода на базе ТРН-АД

На экспериментальной установке были проведены исследования режимов работы системы ТРН-АД. Графики переходных процессов скорости снимаются с помощью программы VIEWER, которая позволяет записывать тренды.

4.3.1 Прямой пуск

На рисунках 37, 38 показаны графики момента для прямого пуска.

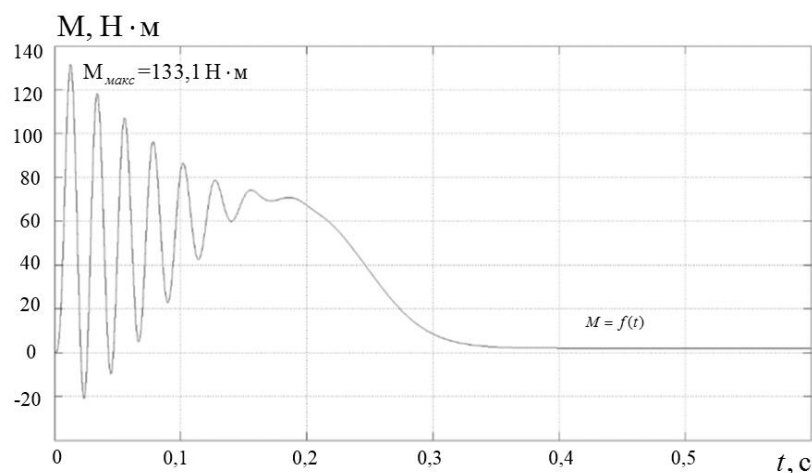


Рисунок 37 – График момента, полученный на имитационной модели

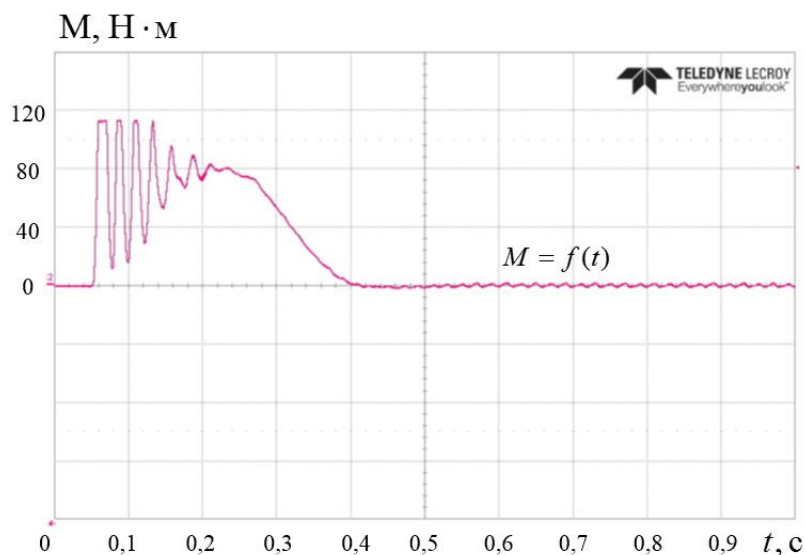


Рисунок 38 – График момента, полученный с помощью датчика момента

На рисунках 39, 40 показаны графики тока для прямого пуска.

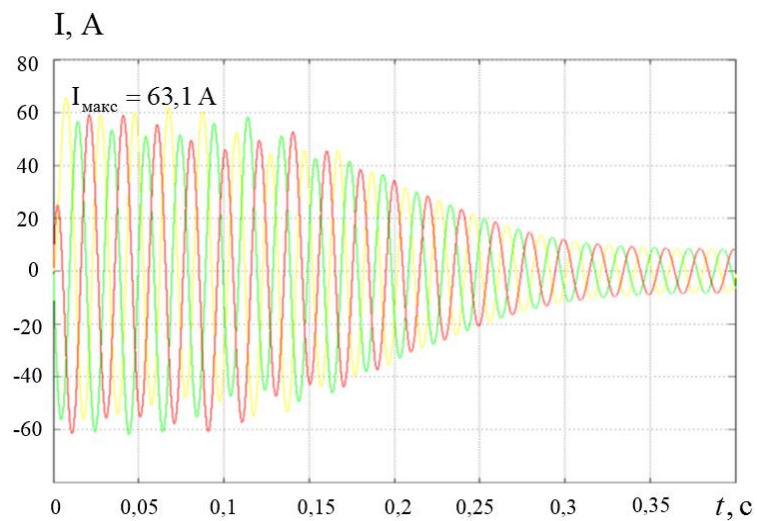


Рисунок 39 – График прямого пуска для имитационной модели

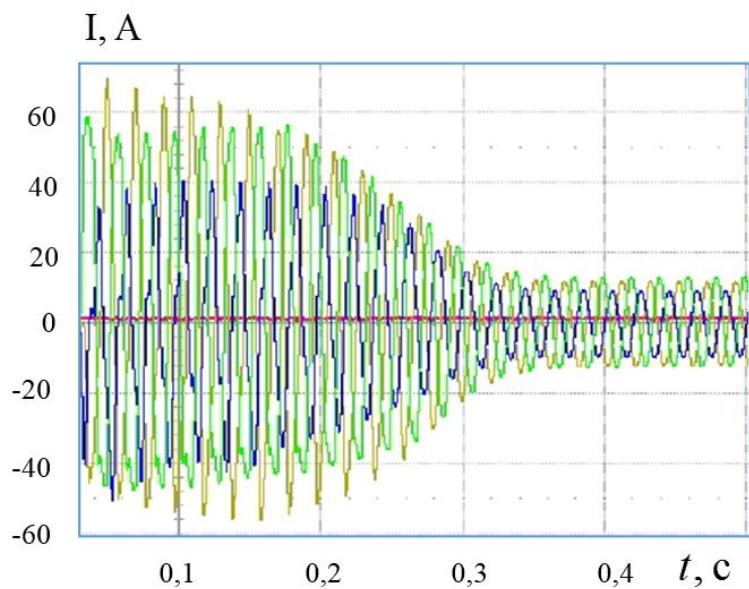


Рисунок 40 – График прямого пуска, полученный с помощью осциллографа

4.3.2 Плавный пуск

На рисунке 41 показаны графики плавного пуска двигателя, верхний график снят с помощью осциллографа, нижний получен при помощи математической модели.

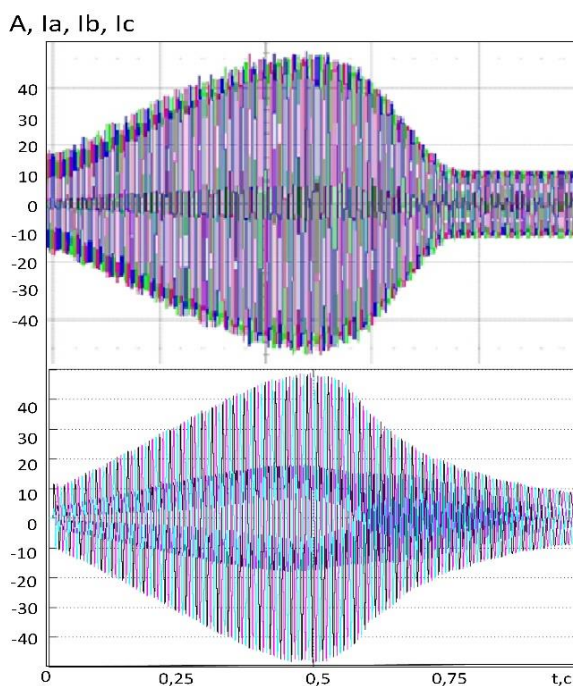


Рисунок 41 – Графики тока

1 деление на осциллографе соответствует 2 В, 1В на осциллографе равен 10А тока. Разница между максимальными амплитудами тока составляет 1,5 А. Установившееся значение тока для экспериментального графика составляет 10,23 А, для имитационной модели составляет 9,95 А. Нарастание тока осуществляется за 0,5 секунд.

На рисунке 42 показан график пуска для момента и скорости для плавного пуска, полученный на имитационной модели.

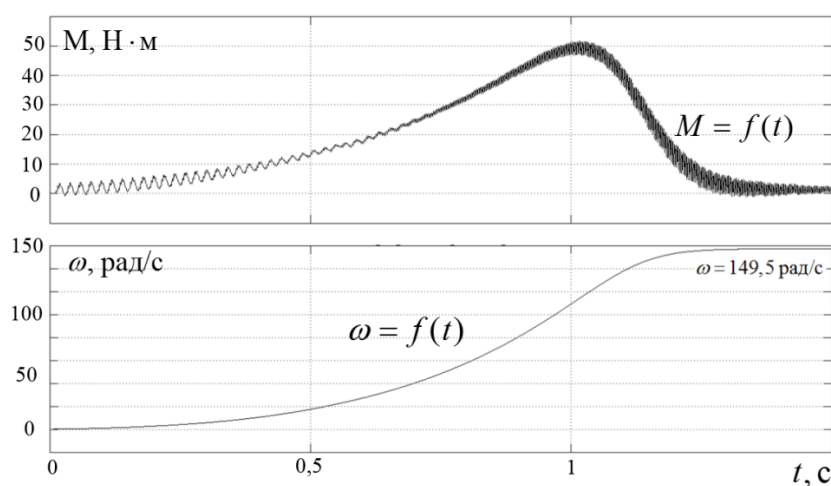


Рисунок 42 – Графики скорости и вращающего момента, полученные в
MATLAB

На рисунках 43, 44 показаны графики для плавного пуска, полученные экспериментально. Масштаб момента составляет 1В на 25 Н*м.

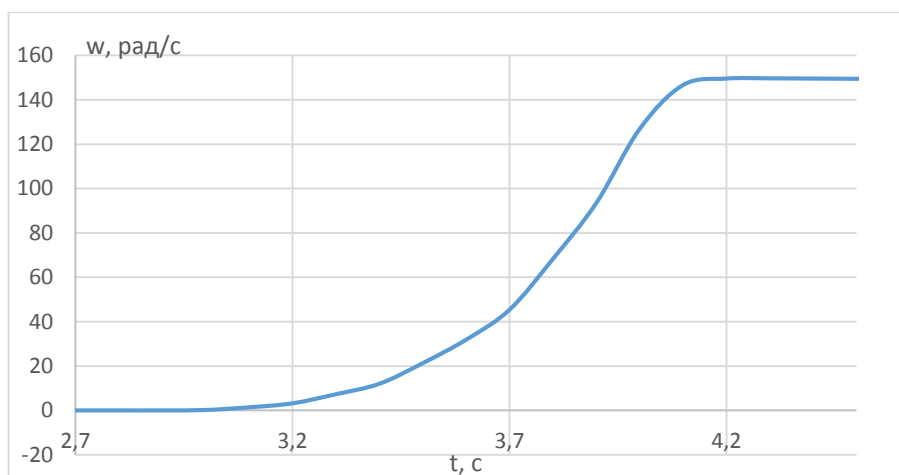


Рисунок 43 – График скорости, полученный с помощью имитационного стенда и программы Viewer

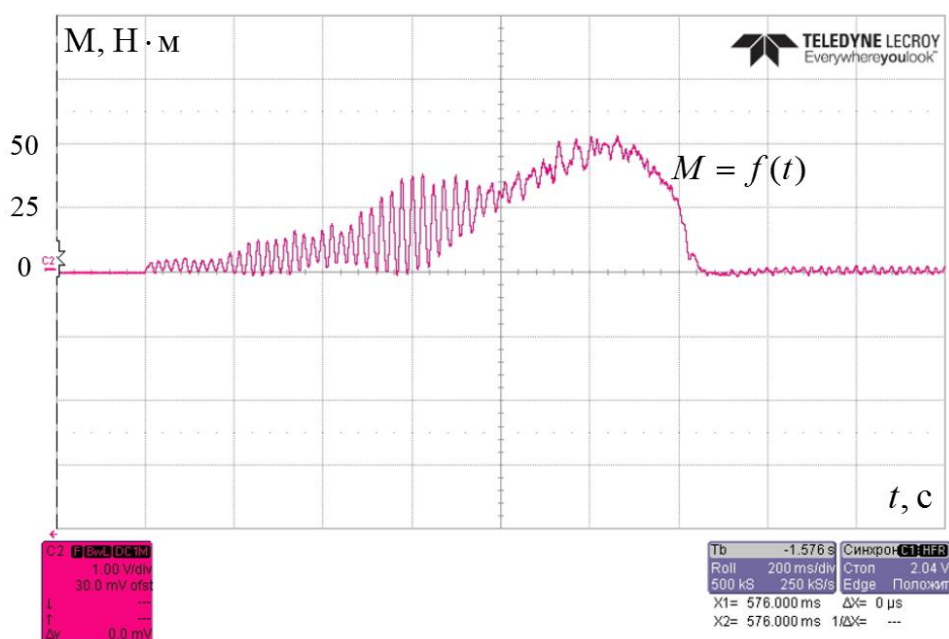


Рисунок 44 – График момента, полученный с помощью датчика момента, установленного на имитационном стенде

4.3.3 Динамическое торможение

На рисунках 45, 46 показаны графики скорости для динамического торможения.

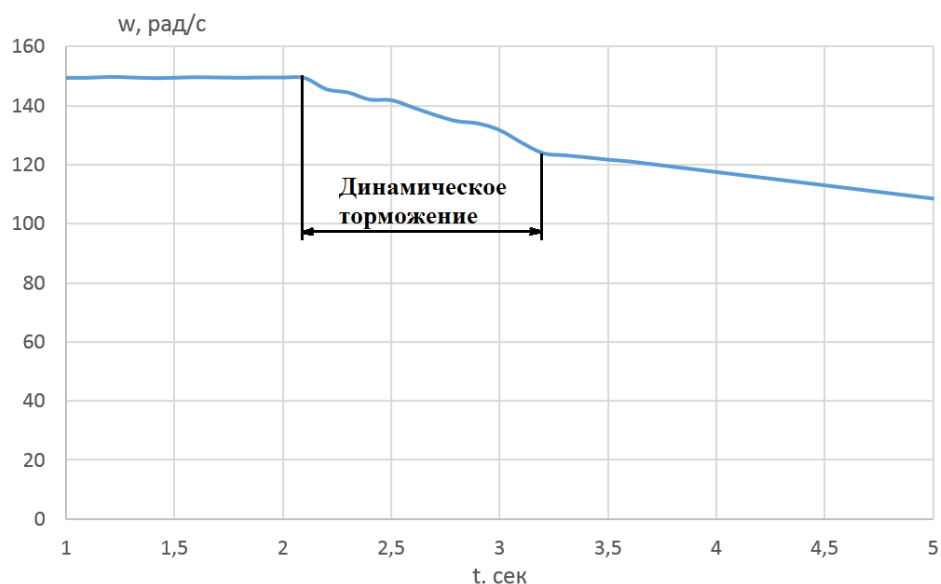


Рисунок 45 – График скорости для динамического торможения, полученный на экспериментальном стенде с помощью программы Viewer

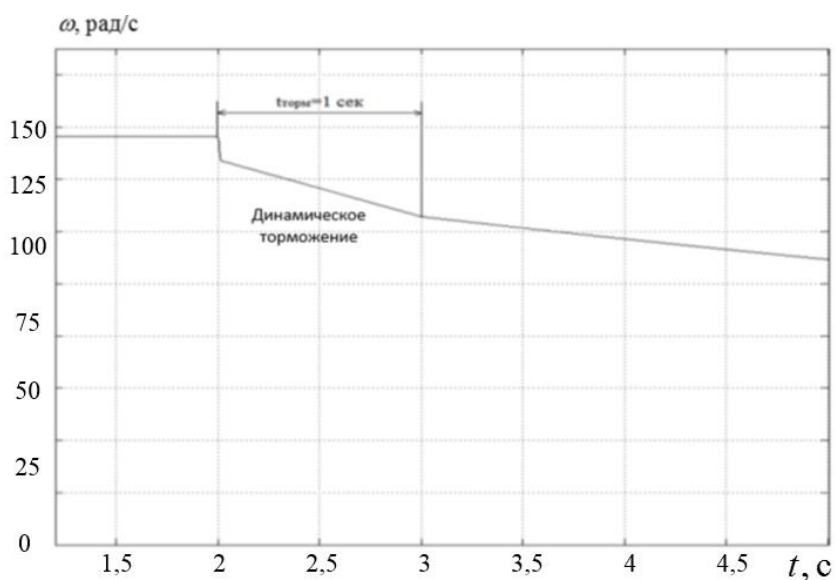


Рисунок 46 – График скорости для динамического торможения, полученный на имитационной модели

Из полученных графиков видно, что данный тип торможения невыгодно использовать при высоких скоростях двигателя, так как эффект торможения практически ничем не отличается от торможения выбегом. При этом во время динамического торможения будут протекать токи большой величины.

4.3.4 Комбинированное торможение

Графики для комбинированного торможения при времени реверса равным 0,7 секунд и углом управления 60 градусов, и динамическом торможении с временем, равным 0,8 секунд и при угле управления 110 градусов показаны на рисунках 47, 48 для токов, 49, 50 для скорости.

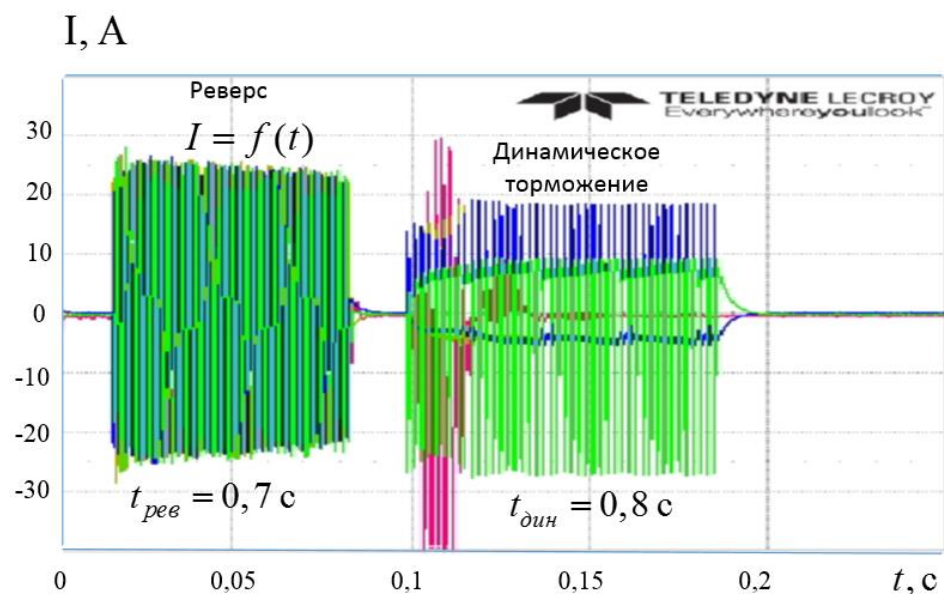


Рисунок 47 – График тока при комбинированном торможении, полученный с помощью датчиков токов

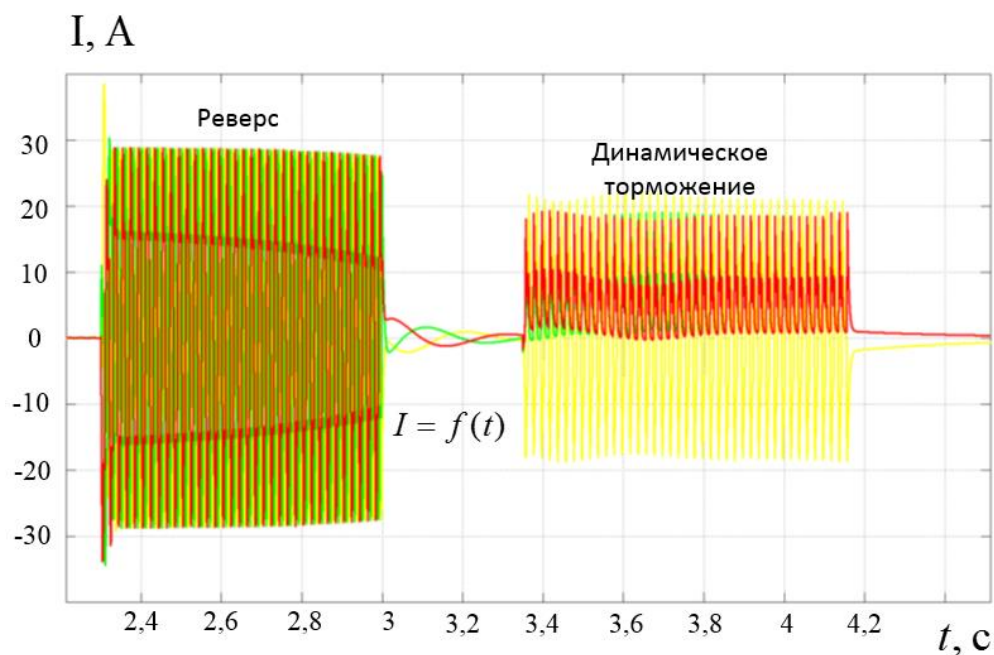


Рисунок 48 – График тока при комбинированном торможении, полученный с помощью имитационном модели

Из рисунков 47, 48 видно, что максимальная амплитуда токов при реверсе на стенде равна 27 А, а на имитационной модели 29 А. Амплитуда тока динамического торможения на стенде равна 19,1 А, а на имитационной модели 21,3 А.

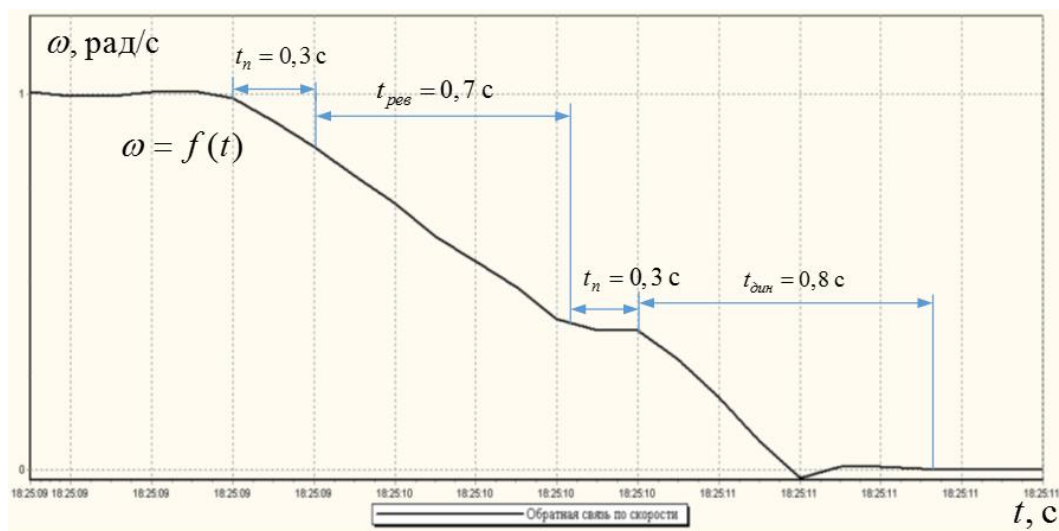


Рисунок 49 – Скорость при комбинированном торможении с реверсом в 0,7 секунду и динамическом в 0,8 секунд, полученный в программе Viewer

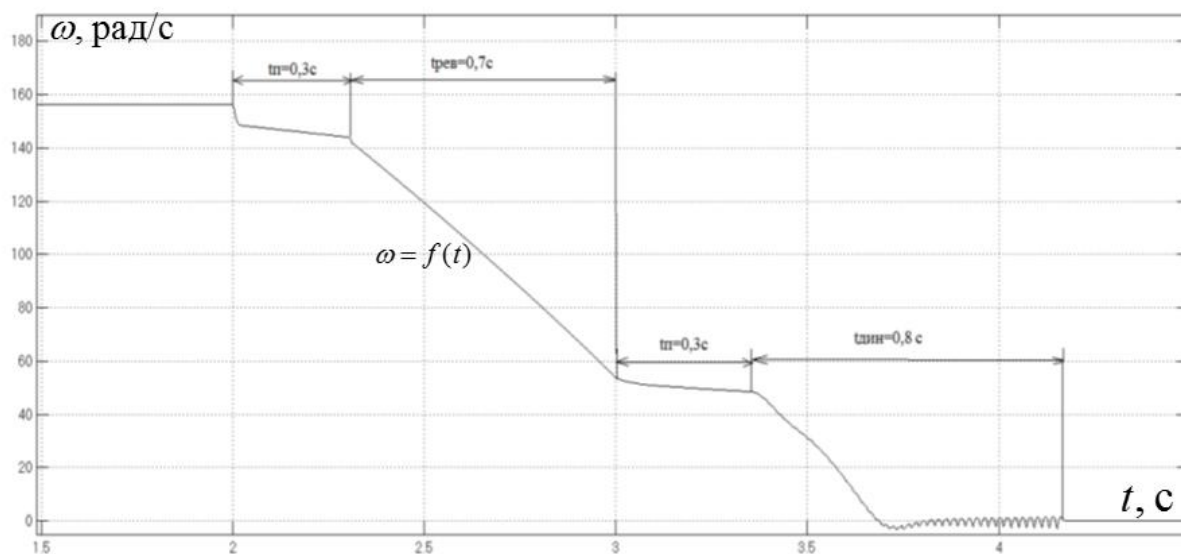


Рисунок 50 – Скорость при комбинированном торможении с реверсом в 0,7 секунд и динамическом в 0,8 секунд, полученный на имитационной модели

4.4 Вывод по разделу

При сравнении переходных процессов для прямого и плавного пуска можно увидеть, что характеристики, полученные в ходе эксперимента и с помощью имитационной модели, практически совпадают. Можно сказать о том, что разработанная модель системы ТРН-АД на базе блока S-function Builder является адекватной.

Из полученных переходных процессов торможения видно, что наиболее оптимальным является комбинированное торможение. Комбинированное торможение происходит в том случае, когда требуется высокая точность останова запирающего элемента задвижки. В случае применения торможения с помощью реверса двигателя, достаточную точность получить довольно сложно в связи с тем, что в переходном режиме электропривод стремится к установившейся скорости $-\omega_n$. Поэтому при превышении времени торможения, двигатель начнет вращаться в обратную сторону и задвижка начнет открываться. Это повлияет на герметичность.

При применении динамического торможения в том случае, когда двигатель вращается на рабочей скорости, практически не произойдет никакого эффекта торможения (рисунок 45, 46). Динамическое торможение позволяет застопорить вал на низкой частоте вращения.

Комбинированное торможение позволяет затормозить двигатель и остановить запирающий элемент с требуемой точностью. Во время реверса происходит основное снижение скорости, после которого применяется динамическое торможение, при котором ротор двигателя тормозит и за счет постоянного поля держится неподвижно.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной магистерской диссертации был рассмотрен электропривод задвижки для технологического нефтепровода, по которому происходит транспортировка сырья, необходимого для ведения технологического процесса.

Технологические трубопроводы находятся на территории нефтеперекачивающих станций. Нефтеперекачивающие станции предназначены для приема товарной нефти с комплекса подготовки на промысле или из других источников, после чего продукция поступает в магистральный нефтепровод (головная нефтеперекачивающая станция), а также поддерживают определенный уровень давления в трубопроводе на всем участке (промежуточная нефтеперекачивающая станция).

Целью данного раздела является анализ опасных и вредных производственных факторов, которые могут оказать негативное воздействие на обслуживающий персонал. Все производственные факторы классифицируются в соответствии с [26]. Проведена разработка мер защиты от этих факторов. Рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации.

5.1 Анализ опасных и вредных факторов

Опасный производственный фактор — такой фактор, оказывающий негативное влияние на человека, который работает в определенных условиях, и который может привести к ухудшению здоровья или к травме [27].

К группе физических опасных производственных факторов для данного объекта относятся:

1. Наличие вращающихся частей.

Механизм задвижки содержит в себе большое количество вращающихся частей, поэтому при неправильной эксплуатации или несоблюдении техники безопасности существует вероятность несчастного случая.

Для обеспечения безопасности персонала все вращающиеся конструкции электропривода задвижки, такие как редуктор, шестерни, валы, находятся внутри корпуса. К штоку задвижки также нет прямого доступа, он закрывается специальным защитным кожухом, а также проводят балансировку в соответствии с [28]. Эти меры позволяют снизить вероятность воздействия данного опасного фактора на персонал.

Для работы допускается персонал, имеющий высокий уровень квалификации. Порядок работ должен соответствовать [29].

2. Повышенное напряжение в электрической цепи.

Электропривод использует для своей работы электрическую энергию сети, поэтому существует опасность оказаться под напряжением. Техническая эксплуатация электрической части запорной арматуры, то есть двигателей, кабельных линий, щитов управления, силового преобразователя осуществляется электротехническим персоналом: дежурным, ремонтным или оперативно-ремонтным персоналом.

В процессе эксплуатации электропривода запорной арматуры производятся работы, которые предусмотрены графиком планово-предупредительного ремонта оборудования.

Перед началом любых работ на электроустановке, или в процессе их выполнения, необходимо выполнять организационно-технические мероприятия, которые обеспечат безопасное ведение труда.

Работы в действующих электроустановках согласно [30] делятся на три категории:

- Работы, при которых напряжение полностью снимается с токоведущих частей оборудования.

- Работы под напряжением, которое не снимается с токоведущих частей.

- Работы, при которых не происходит снятие напряжения с токоведущих частей, и которые проводятся на нетокведущих частях.

Ремонт, обслуживание и проверка электрооборудования проводится согласно [30, 31, 32].

При работе с электроприводом задвижки должны быть выполнены следующие технические мероприятия, способствующие безопасному ведению работ при частичном или полном отключении электроустановок:

-При работе с полным снятием напряжения требуется обесточить установки, а также принять меры, которые будут препятствовать подаче электроэнергии к месту работы.

-Повесить запрещающие плакаты "*Не включать - работают люди!*".

-Провести проверку с помощью индикатора на наличие остаточного напряжения на электроустановке.

-Провести установку защитного заземления.

При пробое изоляции или других аварийных ситуациях на металлических корпусах оборудования (шкафы, двигатели, корпус задвижки) может возникнуть напряжение. При прикосновении работника к данным частям через него произойдет замыкание на землю.

В [33] установлены нормы значений переменных и постоянных токов и напряжений прикосновения при нормальных режимах работы (таблица 6) и для аварийных режимов (таблица 7) для любых электроустановок (производственных или бытовых).

Таблица 6 – Максимально-допустимые напряжения прикосновения $U_{пр}$ во время нормального режима работы электроустановки

Вид тока Частота тока, Гц	Максимальное допустимое напряжение прикосновения $U_{пр}$, В.
Переменный ток, частота 50	2
Постоянный ток	0,3

Таблица 7 – Максимально-допустимые напряжения прикосновения $U_{пр}$ во время аварийного режима работы электроустановки

Вид тока, Частота тока, Гц	Напряжение прикосновения, В Предельный неибриляционный ток, А	Время действия действия, с.										
		0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Переменный, Частота 50	U _{пр} , В	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50
Переменный, Частота 50	I _h , мА	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50
Постоянный	U _{пр} , В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200
Постоянный	I _h , мА	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200

Чтобы обеспечить защиту персонала от данного явления все металлические части оборудования могут быть заземлены, а двигатели могут быть занулены. Согласно [34] в сетях трехфазного переменного тока с напряжением питания до 1000 В и с заземленной нейтралью стационарные установки должны быть занулены.

Защитное зануление – соединение нетоковедущих частей оборудования, на которых возможно появление напряжения, с нулевым проводником. Защитное зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, которое возникает между нулевым проводником и фазных. В результате чего происходит срабатывание защиты и отключение электрооборудования от сети.

Схема установки с защитным занулением показана на рисунке 51.

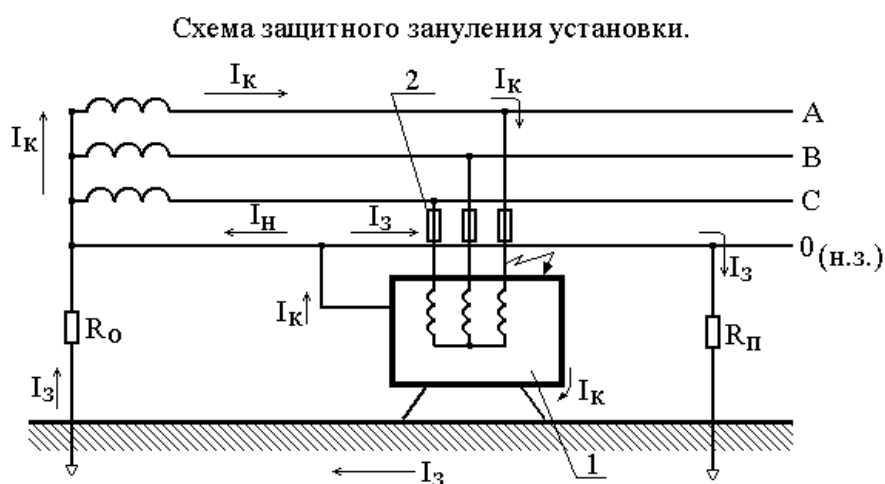


Рисунок 51 – Защитное заземление установки

Корпус установки (1) соединен с нулевым проводом. Для защиты от однофазного короткого замыкания используются аппараты защиты (2), к которым относятся автоматические выключатели с электромагнитным расцепителем, предохранители.

Обозначения на рисунке 1: R_0 – сопротивления заземляющего проводника нейтрали источника тока; $R_П$ – сопротивление защитного заземляющего проводника, который повторно соединяет с землей нулевой проводник.

Ток короткого замыкания I_k разделится на две части: одна часть I_n будет протекать через нулевой проводник 0 (н.з.), вторая I_z пройдет через землю.

Отключение электроустановки от сети произойдет в том случае, когда значение тока однофазного КЗ (I_k), которое преднамеренно создается в электрической цепи, превысит значение уставки автоматического выключателя, при котором он сработает и отключит цепь. В качестве двигателя для задвижки используется АИМ-A100L4Exe Ухл1 4 кВт.

Длительный ток двигателя:

$$I_{дл} = \frac{P_n}{3 \cdot U_\phi \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{4000}{3 \cdot 220 \cdot 0,84 \cdot 0,85} = 8,5117 \text{ А}$$

Кратность пускового тока равна 7, следовательно, максимальный пусковой ток составляет 59,582 А.

Автоматический выключатель будет установлен в шкафу, следовательно, тепловой коэффициент, учитывающий условия установки АВ, $K_m = 0,85$ – для установки в закрытых шкафах.

Ток расцепителя равен:

$$I_{расц} = \frac{8,5117}{0,85} = 10,0138 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель ШГВ-РТЗ-160-ТУ с номинальным током 16 А, током расцепителя 16 А.

Для правильного подбора автомата должно выполняться следующее условие:

$$I_k \geq k \cdot I_{ном.а}$$

где k – коэффициент, показывающий кратность тока, который зависит от типа защиты электроустановки.

Для правильной работы зануления должно соблюдаться данное условие:

$$I_{к2} \geq I_{к1}$$

где $I_{к1}$ минимальное значение тока КЗ, при котором сработает защита, после чего электроустановка отключится от сети;

$I_{к2}$ - действующее значение тока при однофазном КЗ, которое будет протекать в цепи при аварии.

Минимальная величина тока КЗ $I_{к1}$:

$$I_{к1} = k \cdot I_{ном} = 1,25 \cdot 16 = 20 \text{ А}$$

где $I_{ном} = 16 \text{ А}$ - номинальный ток автоматического выключателя, при превышении которого он сработает.

Полное сопротивление цепи "фаза-нуль" определяется следующей формулой:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{H.A})^2 + (X_{\phi} + X_{H.A} + X_{\Pi})^2}$$

где $R_{\phi} = 0,014 \text{ Ом}$ (для медного проводника длиной 3 метра, площадью поперечного сечения 4 квадратных миллиметра) - активное сопротивление фазного проводника, $R_{H.A} = 0,103 \text{ Ом}$ (для стали). - активное сопротивление нулевого защитного проводника; $X_{\phi} = 0,027 \text{ Ом}$ – внутреннее индуктивное сопротивление фазного проводника, $X_{H.A} = 0,26 \text{ Ом}$ - внутреннее индуктивное сопротивления нулевого проводника; $X_{\Pi} = 0,001628 \text{ Ом}$ - внешнее индуктивное сопротивление, которое возникает между расположенными рядом проводниками цепи "фаза-нуль".

Полное сопротивление цепи "фаза-нуль":

$$\begin{aligned} Z_{\Pi} &= \sqrt{(R_{\phi} + R_{H.A})^2 + (X_{\phi} + X_{H.A} + X_{\Pi})^2} = \\ &= \sqrt{(0,014 + 0,103)^2 + (0,027 + 0,26 + 0,001628)^2} = 0,311 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Полное сопротивление обмоток трансформатора определяется согласно [35]. Сопротивления трансформаторов показаны в таблице 8.

Таблица 8 – Полное сопротивление обмоток трансформатора.

Мощность трансформатора, кВ А	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	Номинальное напряжение обмоток низшего напряжения, кВ	Полное сопротивление обмоток трансформатора Z_T , Ом, при схеме соединения обмоток Y/Y _н
25	6-10	230-400	3,110
40	6-10	230-400	1,949
63	6-10	230-400	1,237

Полное сопротивление обмоток трансформатора равно $Z_T = 1,237$ Ом.

Действительное значение тока однофазного КЗ во время аварийного режима:

$$I_{K2} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + Z_{II}} = \frac{220}{\frac{1,237}{3} + 0,311} = 304,3 \text{ А}$$

Условия срабатывания защиты:

$$I_{k2} \geq I_{k1} \longrightarrow 304,3 > 20 \text{ А}$$

Из последнего выражения можно сделать вывод о том, что будет обеспечена отключающая способность зануляющей системы.

3. Статическое электричество.

Нефтепродукты являются хорошими диэлектриками, а также способны накапливать и сохранять на поверхности заряд в течение длительного времени.

Статическое электричество образуется при перекачке нефти с большой скоростью в результате трения о внутренние стенки труб. Если на трубопроводе, на котором установлена запорная арматура, или ее корпусе возникнет высокий потенциал относительно земли, то между ними и заземленными предметами может возникнуть искровой разряд, что приведет к пожару.

Для обеспечения снятия электростатического заряда металлические части задвижки заземляются. Средства индивидуальной и коллективной

защиты от негативного воздействия статического электричества должны соответствовать [36].

5.2 Вредные производственные факторы

Вредным производственным фактором называется такой фактор, влияющий на человека, находящегося на рабочем месте в определенных неблагоприятных условиях, который приводит к возникновению заболевания или снижению работоспособности [37].

5.2.1. Физические вредные факторы

К физическим вредным факторам, которые создает электропривод запорной арматуры, относятся:

1. Вибрация. Вибрация может возникнуть из-за различных факторов: неправильная балансировка ротора двигателя, установка или регулировка на стойки, дефект в подшипниках. Вибрация оказывает негативное влияние на элементы электропривода, тем самым ускоряя их износ. Также вибрация влияет на человека. Из-за продолжительного влияния вибрации на организм человека, превышающей предельно допустимый уровень, возникает профессиональная патология, называемая «вибрационной болезнью».

Вибрация способна к распространению, она отражается через опорно-двигательную систему. В теле человека вибрация частично гасится при помощи упругих свойств тканей человека: мышечной и соединительной (хрящи, связки). Длительное воздействие вибрации оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую систему, в особенности, на мелкие сосуды, а также на нервную систему.

Согласно [38] электропривод задвижки создает общую вибрацию 3 категории, которая воздействует на человека на рабочих местах, в которых установлены стационарные машины. Далее согласно [39] в таблице 9 приведены классы условий труда, которые подразделяются на допустимый,

вредный и опасный. Класс условий труда зависит от уровня вибрации на рабочем месте.

Таблица 9 – Классификация классов условий труда, зависящих от уровня вибрации

Название фактора, показателя, измерения	единица	Класс условий труда				
		Допустимый	Вредный			Опасный
		2	3.1	3.2	3.3	3.4
		Превышение ПДУ до ... дБ/раз:				
Локальная вибрация, эквивалентный уровень виброскорости, виброускорения (дБ/раз)		ПДУ <2>	3/1,4	6/2	9/2,8	12/4
Общая вибрация, эквивалентный уровень виброскорости, виброускорения (дБ/раз)		ПДУ <2>	6/2	12/4	18/6	24/8

За контролем вибрации на рабочих местах согласно [40] должен следить работодатель. Он принимает необходимые меры, которые позволят снизить негативное влияние вибрации на человека. Меры, принимаемые для электроприводов задвижек:

- рабочие должны регулярно проходить медицинские осмотры, должны быть обучены ее правильному использованию для снижения вероятности получения вибрационной болезни;

- должны использоваться конструкции или материалы, снижающие влияние вибрации, или препятствующие ее распространению;

- проводится специальная оценка условий труда, в ходе которых условия труда проверяются на соответствие нормативным требованиям.

К техническим мероприятиям по снижению вибрации относятся:

Увеличение жесткости системы путем введения ребер жесткости, которые увеличивают массу объекта (например, фундамент), что приводит к смещению собственных частот колебания объекта, при которых возникает механический резонанс. Данный метод называется виброгашение. Также для

снижения вибрации проводят балансировку ротора, замену механических элементов задвижки или электродвигателя, используют качественную смазку для трущихся поверхностей, устраняют люфты или зазоры.

2.Пониженная температура воздуха в рабочей зоне. Задвижки для технологических нефтепроводов могут находиться в различных климатических условиях, а также внутри помещений или на улице. Поэтому обслуживающий персонал при работе может быть подвержен влиянию температур.

Согласно документу [39] определяется класс условий труда по температуре воздуха при работе на открытых территориях в зимний период времени. В таблице 10 показаны классы условий труда в зависимости от температуры воздуха для открытых территорий в зимний период года.

Таблица 10 – Классы условий труда в зависимости от температуры воздуха

Климатический регион	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
I	2	3	4	5	6	7
IA	-19,4	-21,1	-24,4	-26,5	-30,1	-30,1
IB	-36,6	-37,9	-41,7	-44,7	-48,8	-48,8
II	-13,4	-14,0	-17,1	-19,4	-22,7	-22,7
III	-5,5	-5,8	-8,3	-11,2	-13,8	-13,8

Если человек работает в условиях низких температур, то он обеспечивается комплектом средств индивидуальной защиты с теплоизоляцией согласно [41] и [42].

3. Шум от работы. Шум – множество звуков с различной частотой и силой, беспорядочно изменяющиеся во времени, и оказывающий негативное влияние на человека.

Шум наносит с уровнем $L=50-60$ дБ неблагоприятно воздействует на нервную систему, также оказывает негативное влияние на психику. С уровнем $L=70-80$ дБ влияет на обменные процессы в организме, а также на сердечно-сосудистую систему. При большем уровне шума он оказывает влияние на органы слуха и снижает их чувствительность.

Шум оказывает раздражающее влияние на кору головного мозга, что приводит к переутомлению, снижению концентрации внимания, снижает работоспособность и реакцию, что может привести к несчастному случаю.

Для обеспечения нормального уровня шума, и ограничения его на требуемом уровне, применяются следующие меры безопасности [43]: звукоизоляция с помощью кожухов, ограждений; применение звукопоглощающих облицовок; применением СИЗ и методов коллективной защиты.

5.2.2. Химические вредные факторы

К химическим вредным факторам при работе с электроприводом запорной арматуры для нефтепроводов относятся токсичные и ядовитые газы и жидкости. В нефти присутствует большое количество различных фракций углеводородов и их соединений, а также других веществ (сероводород), оказывающих негативное влияние на человека: токсическое (бензол), канцерогенное (битум, мазут) и раздражающее (сероводород).

Пары нефти относятся к веществам со слабо выраженным токсическим действием. Они поражают центральную нервную систему, вызывая наркотическое опьянение. К основным признакам отравления парами нефти относятся: головная боль, тошнота, слабость, повышенное сердцебиение.

Наиболее токсичные нефти содержат в себе различные сернистые соединения: сероводород, оксиды серы.

Воздействие сероводорода на организм показано в таблице 11.

Таблица 11 – Влияние сероводорода на организм

Газ	Содержание		Длительность и характер воздействия
	об, %	мг/л	

Сероводород	0,01-0,015	0,15-0,23	Через несколько часов – легкое отравление
	0,02	0,31	Через 5-8 минут сильное раздражение глаз, носа, горла
	0,1-0,34	1,54-4,62	Быстрое смертельное отравление

Контроль вредных веществ в воздухе рабочей зоны должен проводиться в соответствии с требованиями [44].

5.3 Экологическая безопасность

Электропривод задвижки имеет свой срок службы, при полной отработке которого он подлежит списанию или дальнейшей утилизации.

При его выходе из строя асинхронного, или при истечении срока службы изоляции, он отправляется на перемотку или ремонт. Отремонтированный двигатель транспортируется либо на новый объект, либо остается на складе для хранения. Если двигатель неремонтопригоден, или он отработал свой ресурс, то производится его утилизация. Сам двигатель не представляет опасности для окружающей среды или человека, так как он изготавливается из безопасных материалов, которые не являются токсичными: медь, электротехническая сталь, алюминий и чугун. Данные материалы перерабатываются для повторного использования. Изоляционные, пластмассовые материалы (лак, резина) подлежат утилизации.

Корпус задвижки работает до тех пор, пока не достигнет своего полного ресурса или предельного состояния. Под полным ресурсом понимается срок службы изделия, при котором оно подлежит списанию независимо от технического состояния. Предельное состояние – состояние, при котором восстановление нецелесообразно, а эксплуатация недопустима. Так как корпус задвижки состоит из углеродистой стали, чугуна или алюминия, то он транспортируется на место утилизации, где происходит его переплавка для повторного использования. Аналогично утилизируют механические элементы запорной арматуры: запирающий элемент, редуктор, шток, шестерни и так далее.

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

При эксплуатации запорной арматуры возможно возникновение следующих аварийных ситуаций: пожар, взрыв газовой смеси или повреждение трубопровода, что приведет к разливу нефти или нефтепродуктов.

1. Пожарная опасность

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, который наносит материальный ущерб, а также может привести к гибели людей. Пожар может возникнуть по причине разгерметизации уплотнений задвижки, либо ее корпуса, что приведет к утечке легковоспламеняющихся веществ, и дальнейшем их возгорании.

Согласно [45] запорная арматура для нефтепровода относится к категории АН с повышенной взрывопожароопасностью, так как по ней транспортируется нефть, которая является легковоспламеняющейся жидкостью, у которой температура вспышки может быть меньше 28 °С. Для тушения пожаров на объекте должны быть огнетушители. Так как электропривод работает от электричества, то для тушения будут использоваться углекислотные огнетушители.

2. Взрыв

Помимо пожара существует возможность возникновения взрыва [46]. Взрывом называется горение вещества с огромной скоростью, которое создает взрывную волну. Взрыв может возникнуть при наличии трех условий: достаточное накопление взрывоопасных веществ, наличие окислителя (кислород, пары серы), а также источника, от которого произойдет воспламенение (искра, открытый огонь).

Для предотвращения взрыва или пожара у измерительного, регулирующего оборудования, а также для двигателей и преобразователей корпуса изготавливаются со степенью защиты не ниже IP67, а также обязательным условием для эксплуатации в таких условиях является взрывобезопасный корпус с маркировками Ex, EEx. Так же для корпусов

датчиков требуется специальное взрывозащищенное исполнение. Исполнение оборудования должно быть не ниже 1ExdIIВТЗ, где [47]: 1 - взрывобезопасное электрооборудование, взрывозащищенность обеспечивается во время любых режимов работы: в аварийном или при нормальных условиях эксплуатации; знак Ex или EEx указывает на то, что оборудование соответствует стандартам на взрывобезопасное оборудование; d - взрывонепроницаемая оболочка; к категории II (категория взрывоопасности смеси) относится оборудование, используемое в таких условиях, при которых возможно образование промышленных взрывоопасных смесей газов и взвесей, а именно обозначение IIВ - для внутренней и наружной установки, взрывобезопасное исполнение; обозначение ТЗ – температура самовоспламенения смеси (200-300 °С); по категории IIВ взрывоопасности газовых смесей и температуре самовоспламенения смесей газов ТЗ соответствуют следующие взрывоопасные смеси, в которых это оборудование может применяться: бензины, спирты, нефть, керосин, сероводород, дизельное топливо и тд.

Уплотнение кабеля в кабельном вводе (рисунок 52) должно обеспечиваться одним из следующих способов согласно [47]:

- С помощью эластомерного уплотнительного кольца;
- С помощью составных или металлических уплотнительных колец;
- Герметизацией компаундом.

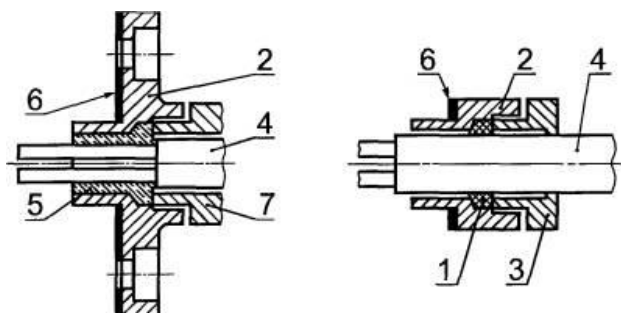


Рисунок 52 – Кабельные вводы для взрывозащищенного оборудования

1 - эластомерное уплотнительное кольцо; 2 - корпус для ввода кабеля; 3 – зажим; 4 - фидер; 5 - герметизация компаундом; 6 - уплотнение; 7 – фиксация компаунда с помощью детали

Уплотнение кабеля может быть выполнено из одного материала или из комбинации материалов и должно соответствовать форме применяемого кабеля [47].

Электропривод задвижки может находиться в помещении, но чаще данные типы электроприводов находятся на улице. Следовательно, на привод оказывает влияние температура окружающей среды, которая может изменяться в пределах от -60 до +45. Поэтому по климатическому исполнению оборудование должно иметь исполнение УХЛ (для умеренного и холодного климата). По категории размещения - 1 (на открытом воздухе). Электропривод задвижки относится к взрывоопасной зоне класса В-2а.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и условий труда

Проводится специальная оценка условий труда, в ходе которых условия труда проверяются на соответствие нормативным требованиям.

Нормативные требования согласно согласно [48] дифференцируются в зависимости от условий труда: вредности и тяжести, в зависимости от климатических условий, например, в условиях Крайнего Севера, от особенностей труда.

Виды специальных норм трудового права:

1.Нормы-льготы, которые предоставляют дополнительные гарантии трудовых прав;

2.Нормы-приспособления, которые подстраивают общие нормы к данным условиям труда;

3.Нормы-изъятия.

МЕНЕДЖМЕНТ.

Расчеты выполнены согласно [49].

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность. В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. В таблице 12 показаны результаты QuaD.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1.Повышение производительности труда пользователя	0,07	64	100	0,64	4,48
2. Удобство в эксплуатации	0,07	87	100	0,87	6,09
3. Помехоустойчивость	0,03	80	100	0,8	2,4
4.Энергоэкономичность	0,03	45	100	0,45	1,35
5. Надежность	0,07	91	100	0,91	6,37
6. Уровень шума	0,02	35	100	0,35	0,7
7. Безопасность	0,1	95	100	0,95	9,5
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	94	100	0,94	1,88
9.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	63	100	0,63	2,52
10.Простота эксплуатации	0,09	97	100	0,97	8,73
11.Качество интеллектуального интерфейса	0,05	88	100	0,88	4,4
12.Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	100	100	1	5
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1.Конкурентоспособность продукта	0,04	97	100	0,97	3,88
2.Уровень проникновения на рынок	0,04	76	100	0,76	3,04

3. Цена	0,1	98	100	0,98	9,8
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	77	100	0,77	5,39
5.Послепродажное обслуживание	0,03	81	100	0,81	2,43
6.Финансирование научной разработки	0,02	57	100	0,57	1,14
7. Срок выхода на рынок	0,03	71	100	0,71	2,13
8.Наличие сертификации разработки	0,03	80	100	0,8	2,4
Итого	1				83,63

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,07 \cdot 64 + 0,07 \cdot 87 + \dots + 0,03 \cdot 80 = 83,63,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Значение P_{cp} получилось равным 83,63, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

6.1 Планирование научно-исследовательских работ

6.1.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3 \cdot t_{мини} + 2 \cdot t_{макс i}}{5},$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{макс i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

6.1.2 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кален}$$

Где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кален}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кален} = \frac{T_{кален}}{T_{кален} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кален}$ – количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Пример расчета:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел-дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительнос ть работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		t_{oji} , чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение	1		1		1	0	1	0	2	0

технического задания										
Подбор и изучение материалов по теме		7		14	0	10	0	10	0	15
Описание объекта автоматизации (модернизации)		5		8	0	6	0	6	0	10
Календарное планирование работ по теме	1		2		1	0	1	0	2	0
Изучение языка Си и блока S-function builder		14		21	0	17	0	17	0	26
Расчет параметров двигателя и модели		1		3	0	2	0	2	0	3
Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»		1		3	0	2	0	2	0	3
Выбор способа регулирования напряжения		1		2	0	1	0	1	0	2
Разработка математической модели системы ЭП		21		28	0	24	0	24	0	37
Снятие характеристик на экспериментальном стенде		5		8	0	6	0	6	0	10
Оптимизация модели электропривода на основе экспериментальных данных		6		10	0	8	0	8	0	12
Оценка эффективности полученных результатов	1		2		1	0	1	0	2	0
Технико-экономические расчеты		3		5	0	4	0	4	0	6
Вопросы безопасности и экологичности проекта		3		5	0	4	0	4	0	6
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		1		3	0	2	0	2	0	3
ИТОГО									6	132

В таблице 14 изображен график работы руководителя и инженера.

Таблица 14 – Продолжительность выполнения работ для исполнителей

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki}	Продолжительность выполнения работ
---	-----------	-------------	----------	------------------------------------

			, кал · дн.	январь	февраль	март	апрель	май
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	2					
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	15					
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	10					
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель	2					
5	Изучение языка Си и блока S-function builder	Инженер	26					
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	3					
7	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Инженер	3					
8	Выбор способа регулирования напряжения	Инженер	2					
9	Разработка математической модели системы ЭП	Инженер	37					

6.2.1 Материальные затраты

В данной работе материальные затраты принимаются в размере МЗ=700 рублей на канцелярские товары.

6.2.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В таблице 15 представлен оклад работников за месяц.

Таблица 15 – Оклад работников

№	Участники проектирования	Оклад
1	Научный руководитель (доцент)	26300
2	Инженер 9 разряд	17000

Районный коэффициент для Томска составляет $k_p = 1,3$

Коэффициент, учитывающий неотработанное время (отпуск) $k_1 = 1,1$

Зарплата инженера:

$$ЗП_{инж} = ЗП_o \cdot k_1 \cdot k_p = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ р}$$

Зарплата научного руководителя в месяц:

$$ЗП_{нр} = ЗП_o \cdot k_1 \cdot k_p = 26000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ р}$$

Число рабочих дней в месяце принимается равным $n = 21$.

Зарплата инженера в день составляет:

$$ЗП_{инж_д} = \frac{ЗП_{инж}}{21} = \frac{24310}{21} = 1157,62 \text{ руб}$$

Зарплата научного руководителя в день составляет:

$$ЗП_{нр_д} = \frac{ЗП_{нр}}{21} = \frac{37609}{21} = 1790,9 \text{ руб}$$

Заработная плата в соответствие с графиком работ для инженера:

$$ЗП_{инж_гр} = ЗП_{инж_д} \cdot 132 = 1157,62 \cdot 132 = 152452 \text{ руб}$$

Заработная плата в соответствие с графиком работ для научного руководителя:

$$ЗП_{нр_гр} = ЗП_{нр_д} \cdot 6 = 1790,9 \cdot 6 = 10568,8 \text{ руб}$$

Фонд заработной платы составляет:

$$\Phi ЗП = ЗП_{нр.р} + ЗП_{инж.р} = 152452 + 10568,8 = 163021 \text{ руб}$$

6.2.3 Амортизационные отчисления

Амортизацией называется процесс переноса стоимости нематериальных или материальных активов, средств, техники на стоимость продукции (работы, услуги). Этот процесс происходит постепенно, по мере износа средств с течением времени.

В данном магистерской диссертации процессу амортизации подвергается компьютерная техника. Срок службы выбирается равным 5 годам. Амортизация определяется по следующей формуле:

$$КТ = \frac{T_{исп.кт}}{T_{календ}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{123}{365} \cdot 39000 \cdot \frac{1}{5} = 2628,5 \text{ руб};$$

$$КТ = \frac{T_{исп.кт}}{T_{календ}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{2}{365} \cdot 6000 \cdot \frac{1}{5} = 6,57 \text{ руб}.$$

Таблица с значениями амортизации представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Значения амортизации.

Оборудование	Стоимость, рублей	Сумма амортизации за время работы, рублей
Персональный компьютер	39000	2629,5
МФУ (принтер, сканер)	6000	6,57
Итого	45000	2636,07

Сумма амортизации оборудования за время проектирования составляет $A_{\Sigma} = 2636,07$ рублей.

6.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$ОСН = \Phi ЗП \cdot k_{внеб} = 163021 \cdot 0,3 = 48906,2 \text{ руб}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов, равный 30%.

6.2.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные рассылки и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$НАК = 200\% \Phi ЗП = 2 \cdot 163021 = 326042 \text{ руб}$$

6.2.6 Прочие затраты

Прочие затраты идут на налоги, другие обязательные отчисления, платежи и сборы по обязательным видам страхования.

$$\begin{aligned} ПЗ &= 0,1 \cdot (\Phi ЗП + ОСН + А_{\Sigma} + МЗ) = \\ &= 0,1 \cdot (163021 + 48906,2 + 2636,07 + 700) = 21526,3 \text{ руб} \end{aligned}$$

6.2.7 Формирование бюджета затрат НИР

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Она состоит из суммы всех затрат.

Бюджет затрат на проект приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат на проект

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Фонд заработной платы	163021
2. Отчисления во внебюджетные фонды	48906,2
3. Амортизация компьютерной техники	2636,07
4. Материальные затраты	700
5. Накладные расходы	326042
6. Прочие затраты	21526,3
ИТОГО	562831,57

6.3 Оценка разработанной модели электропривода

Для оценки эффективности разработанной модели электропривода, она будет сравниваться с моделью из библиотечных элементов программы MATLAB. Стандартная модель состоит из набора блоков, функции которых уже заложены разработчиками. Разработанная модель написана на языке программирования Си, она позволяет получать переходные процессы, характер которых похож на реальный эксперимент. В таблице 18 показано сравнение моделей по набору параметров.

Таблица 18 – Сравнение моделей по набору параметров

Параметр	Вес показателя, о.е.	Разработанная модель, баллов	Стандартная модель, баллов	Максимальный балл
Точность переходных процессов	0,6	90	50	100
Быстродействие	0,1	97	45	100
Простота разработки	0,05	40	85	100
Универсальность	0,15	98	85	100
Возможность переноса модели на реальный объект	0,1	100	35	100
Итого	1	425	300	

Суммарная эффективность разработанной модели:

$$\mathcal{E}ff_1 = \sum B_i \cdot B_i = 0,6 \cdot 90 + 0,1 \cdot 97 + 0,05 \cdot 40 + 0,15 \cdot 98 + 0,1 \cdot 100 = 90,4$$

Суммарная эффективность стандартной модели:

$$\mathcal{E}ff_2 = \sum B_i \cdot B_i = 0,6 \cdot 50 + 0,1 \cdot 45 + 0,05 \cdot 85 + 0,15 \cdot 85 + 0,1 \cdot 35 = 55$$

6.4 Вывод по разделу

В данном разделе была составлена оценочная карта по технологии QuaD для сравнения конкурентных технических, из которой было получено средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки, которое составляет 83,63 пункта, что говорит о том, что данная разработка является эффективной.

Были рассмотрены альтернативы проведения научного исследования, был выбран наиболее оптимальный вариант: A1B1B1Г1Д2Е3Ж2.

Составлена структура работ в рамках научного исследования, затем по данной структуре было посчитано количество дней на выполнение данной работы, а также количество рабочих дней для руководителя и инженера: 6 и 132 календарных дня. Был составлен график работ (диаграмма Ганта). Проведено формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта. Основные затраты на проект состоят из накладных расходов (326042 рублей) и фонда заработной платы (163021 рублей), помимо этого бюджет включает в себя амортизацию компьютерной техники в течение года, за который выполняется проект, материальные затраты на канцелярские товары и отчисления во внебюджетные фонды. В сумме бюджет научно-технического исследования составляет 562831,57 рублей.

Заключение

Целью данной магистерской диссертации является исследование динамических режимов запорной арматуры на базе системы тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель. Основными режимами для исследования были плавный пуск при различных интенсивностях разгона, торможение выбегом и электрическим способом, режим ограничения момента электропривода.

Для достижения поставленных целей была создана имитационная модель данной системы в программном продукте MATLAB Simulink. Имитационная модель асинхронного двигателя и тиристорного преобразователя представляет собой блок «S-function Builder», который содержит алгоритм, реализованный на языке программирования С.

В качестве преобразователя был выбран тиристорный регулятор напряжения БУР Т. Он предназначен для дистанционного или местного управления запорной арматурой на технологических нефтепроводах. В качестве приводного двигателя был выбран АИМ-A100L4Exe со степенью взрывозащиты IExedIIBT4.

Модель асинхронного двигателя разрабатывалась в трехфазной неподвижной системе координат. Выбор системы связан с тем, что такая форма математического описания двигателя позволяет получить наиболее точный результат во время динамических режимов работы при питании от источников с несинусоидальной формой напряжения или во время несимметричных режимов. Разработанная модель была сравнена с готовой моделью библиотеки SimPower Asynchronous Machine SI Units в симметричных режимах, в результате был сделан вывод о том, что разработанную модель можно использовать для дальнейших исследований.

Модель тиристорного регулятора напряжения и системы управления позволяют учесть влияние активно-индуктивной нагрузки на коммутацию тириستоров.

Было проведено исследование плавного пуска электропривода при различных интенсивностях раскрытия угла управления. При пуске двигателя под статической нагрузкой рекомендуется уменьшать начальный угол управления тиристорами до 110 электрических градусов, а также увеличить интенсивность его раскрытия.

Был проведен ряд экспериментальных исследований системы ТРН-АД при работе на различные виды нагрузки: активная с заземленной нейтралью, активная с незаземленной нейтралью и двигательная нагрузка. Из экспериментов видно, что двигательная нагрузка влияет на коммутацию тириستоров. Также проведены исследования различных режимов: прямой и плавный пуск, динамическое торможение, комбинированное торможение, а также сравнение результатов, полученных на имитационной модели и на экспериментальном стенде.

В главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» составлена оценочная карта по технологии QuaD со средневзвешенным значением показателя качества и перспективности научной разработки 83,63 пункта. Был составлен график работ (диаграмма Ганта). В сумме график работы руководителя составил 6 дней, у инженера составил 132 дня. Проведено формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта, в сумме бюджет затрат НИИ составляет 562831,57 рублей.

В главе «Социальная ответственность» произведен анализ опасных и вредных факторов, рассмотрены вопросы экологической безопасности, защите при ЧС, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и условий труда.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Гошко А. И. Арматура трубопроводная целевого назначения. В 3-х кн. Кн.1: Выбор. Эксплуатация. Ремонт. М.: Машиностроение, 2003. 432 с.: с ил.
- 2.Режим доступа: <http://www.marketing.spb.ru/mr/industry/valve.htm>
- 3.Ахметов С. А. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. — СПб.: Недра, 2006. —868 с.; ил.
- 4.Васильев Г. Г. Трубопроводный транспорт нефти. /Г.Г. Васильев, Г. Е. Коробков, А.А. Коршак и др.; Под редакцией С.М. Вайнштока: Учеб. Для вузов: В 2 т. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. — Т. 1. — 407 с.: ил.
- 5.Новиков В. Т. Основы проектирования и оборудование предприятий органического синтеза. Часть 1. Трубопроводная арматура: Учебное пособие. /В. Т. Новиков, Томский политехнический университет ун-т.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. — 292 с.
- 6.Гуревич Д. Ф. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением: Справочник/Д.Ф. Гуревич, О.Н. Заринский, С.И. Косых и др.: Под общ. Ред. С. И. Косых. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. — 320 с., ил.
- 7.Гуревич Д. Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры: Расчет трубопроводной арматуры. Изд. 5-е. —М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 480 с.
- 8.Кижнер А.Х. Ремонт трубопроводной арматуры электростанций: Учеб. пособие для проф. обучения рабочих на производстве. — М.: Высш. школа, 1986. — 144 с., ил.
- 9.ГОСТ 2939-63, статья 2. Газы. Условия для определения объема.
- 10.Гумеров А.Г. Гумеров Р.С. Акбердин А.М. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр»2001. - 475 с.: ил.
- 11.Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/431329>

12.Зализный Д. И., Широков О. Г., Кухаренко С. Н., Устименко Е. Ю. Влияние преобразователей частоты на изоляцию силовых кабелей нефтедобывающих станций. «Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ.» Выпуск №1/2011. С 17-23.

13.Режим доступа: <http://privod.szemo.ru/>

14.Гуревич Д.Ф., Трубопроводная арматура: Справочное пособие. –2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1981. – 368 с., ил.

15.Попков О. З. Основы преобразовательной техники: учеб. Пособие для вузов. 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 200с.:ил.

16.Воронин П. А. Силовые полупроводниковые ключи. Семейства, характеристики, применение. Издательство: М. ИД «Додэка-XXI» ISBN: 5-94120-010-2. 2001. –384 с.

17.Черноштан В. И., Кузнецов В. А. Трубопроводная арматура ТЭС: Справочное пособие. –М.: Издательство МЭИ, 2001. – 368 с.: ил.

18.Режим доступа: <http://www.beevolt.ru/tinfo.php?id=6175>

19.Удут Л. С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов: учебное пособие. Ч. 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод /Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин; Томский политехнический университет. –2-е изд., перераб. и доп. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2014. –648 с.

20.Режим доступа: <http://www.etm.ru/cat/nn/9793310/#>

21.Режим доступа: http://www.shop.schneider-spb.ru/shop/UID_5187_.html

22.Блок управления регулируемый БУР. Руководство по эксплуатации. Часть 1. Модификация Т.

23.Подкур М.Л. - Программирование в среде Borland C++ Builder с математическими библиотеками MATLAB С С++/ Подкур М.Л., Подкур П.Н., Смоленцев Н.К. Изд: ДМК Пресс – 2006. – 495 стр.

24.Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. Учеб. для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк. , 2001. — 327 с: ил.

25.Однокопылов И. Г., Однокопылов Г. И. Повышение живучести частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Технические науки. С 143-148.

26.ГОСТ 12.0.003-74. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

27.ГОСТ 12.0.002—2003. «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».

28.ГОСТ 17494-87. «Машины электрические вращающиеся».

29.РД-75.000.00-КТН-085-12. «Руководство по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и сооружений нефтеперекачивающих станций».

30.Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП).

31.ГОСТ Р 51330.18. «Ремонт и проверка электрооборудования используемого во взрывоопасных газовых средах (кроме подземных выработок или применений, связанных с переработкой и производством взрывчатых веществ)».

32.ГОСТ Р 52350.19. «Ремонт, проверка и восстановление электрооборудования».

33.ГОСТ 12.1.000-02 ССБТ – Электробезопасность. Допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

34.ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

35.ГОСТ 11920-85 Трансформаторы силовые масляные общего назначения напряжением до 35 кВ включительно. Технические условия.

36. ГОСТ 12.4.124- 83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.

37.ГОСТ 19605-74 Организация труда. Основные понятия. Термины и определения

38.СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация. Вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

39.Р 2.2.2006-05. «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

40.ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность.

41.ГОСТ 29335-92 "Костюмы мужские для защиты от пониженных температур. Технические условия".

42.МР Минздрава России N 11-0/279-09 от 25 октября 2001 г. "Методические рекомендации по расчету теплоизоляции комплекта индивидуальных средств защиты работающих от охлаждения и времени допустимого пребывания на холоде".

43.ГОСТ 12.4.051-87 – Средства индивидуальной защиты органа слуха.

44.ГОСТ 12.1.005-01. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

45.СП 12.13130.2009 – Определение категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.

46.ГОСТ 31438.1-2011. Взрывоопасные среды. Взрывозащита и предотвращение взрыва. Часть 1. Основополагающая концепция и методология.

47. ГОСТ Р 51330.0-99. Электрооборудование взрывозащищенное.

48. Трудовой кодекс Российской Федерации.

49. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. В426 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

Приложение А

Teil 1 Der elektrische Antrieb der Absperrarmatur

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5А	Боровик Константин Олегович		

Консультант кафедры ЭПЭО :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Образцов Константин Валентинович			

Консультант – лингвист кафедры КИЯ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Костомаров Петр Иванович	к.ф.н		

Einleitung

Derzeit wird die Absperrarmatur in vielen Bereichen der Industrie verwendet: in den Erdölverarbeitenden, Erdölchemischen, energetischen Anlagen, Hauptleitungs-, Gewerbe- und andere Rohrleitungen verwendet. In diesem Zusammenhang ist der Betrieb der Anlagen oder der Rohrleitungen ohne sie unmöglich. Die Kosten auf die Armatur bilden daneben 10-12 % der Kapitalinvestitionen und des Betriebsaufwands.

Eine am meisten verbreitete Art der Absperrarmatur sind die Riegel. Für die Bewegung der Riegel werden pneumatischen, hydraulischen oder elektrischen Antrieben verwendet. Den meisten Vertrieb hat der elektrische Antrieb. Als Motor wird der asynchrone Motor verwendet. Er wird wegen der einfachen Konstruktion und der hohen Zuverlässigkeit verwendet.

Der moderne elektrische Antrieb der Absperrarmatur ist auf Grund von verschiedenen Krafthalbleitergeräten mit der Mikroprozessorverwaltung realisiert, es lässt zu, die hohe Schnelligkeit, den großen Regelbereich und die große Genauigkeit zu erreichen.

Der elektrische Antrieb der Absperrarmatur schließt den Motor, den Leistungswandler, das Reduziergetriebe und die Steuerungssystem ein. Den meisten Vertrieb haben der Spannungswandler oder der Frequenzumrichter. Das Steuerungssystem gewährleistet die geforderten Regime des Betriebes der Absperrarmatur, erfüllt die Schutz- und Kommunikationsfunktionen, sowie erlaubt dem elektrischen Antrieb adäquat, auf die Veränderung der äußerlichen Einwirkungen zu reagieren.

Bei der Projektierung des elektrischen Antriebs der Absperrarmatur ist es wichtig zu wissen, wie wird der elektrische Antrieb in verschiedenen dynamischen Regimen wirken, da wegen des Verstoßes des Regimes der Arbeit des elektrischen Antriebs des Riegels die ernsten Wirtschafts- oder ökologischen Folgen entstehen können. Zum Beispiel, die Situation ist möglich, wenn der elektrische Antrieb kann nicht wegen des Einkeilens des Riegels losfahren, was zur Unmöglichkeit der Eröffnung der Rohrleitung bringen wird. Auch kann bei der Überschreitung des

maximalen zulässigen Momentes bei der Verdichtung die Zerstörung des Setzsattels des Riegels, sowie die Zerstörung der Rohrleitung geschehen, was wird zum Ausfließen des Mediums bringen.

Deshalb ist eine wichtige Aufgabe die Forschung der dynamischen Regimes des elektrischen Antriebs der Absperrarmatur, solcher wie die Eröffnung, die Schließung, das genaue Bremsen des elektrischen Antriebs und andere. Das Ziel der Dissertation ist die Forschung der gegebenen Regime des Betriebes des elektrischen Antriebs des Riegels im Programm MATLAB. Für den elektrischen Antrieb als Leistungswandler wird der Spannungswandler verwendet, was erlaubt, den Wert des Antriebes zu verringern, sowie zuzulassen, die elektromagnetischen Störungen zu verringern, die mit des Betriebes des Wandlers verbunden sind, was die elektromagnetische Vereinbarkeit verbessern wird. Er wird den Wert des Antriebes und die elektromagnetischen Störungen verringern.

Spannungswandler verringert die Startströme, es wird die Laufzeit der Isolierung des Motors vergrößern. Beim Durchfließen der großen Ströme wird die Isolierung erwärmt und zerstört. Allmählich entstehen die Schlüsse zwischen den Windungen des Wickelns des Motors, später erscheint der Motor außer Betrieb. Auch verringert der Spannungswandler die mechanischen Belastungen auf die Kinematik des elektrischen Antriebs. Beim Start sinkt der maximale Stossmoment auf das Reduziergetriebe.

1. Begriff und Konzept

Eine Hauptart der Absperrarmatur auf den Rohrleitungen sind die Riegel.

Riegel ist eine Armatur, die für die volle Überdeckung des Stroms verwendet wird. Das Verschluss, das in dem Gehäuse liegt, wechselt den Platz senkrecht dem Strom. Der Riegel hat zwei Zustände: sie ist vollständig geöffnet, oder sie ist vollständig geschlossen.

Riegel wird in diesem Fall verwendet, wenn die dichte Schließung der Rohrleitung für die Unterbrechung des Durchfließens der Flüssigkeit oder des Gases oder wenn der ungehinderte Durchgang des Stroms gefordert wird, so öffnet sich die Armatur vollständig. Auch der Strom kann bei der vollen Schließung in andere Rohrleitung gerichtet sein, es geschieht die Regulierung der Richtung des Durchfließens der Flüssigkeit oder des Gases.

Absperrarmatur wird auf den Erdölleitungen und den technologischen Rohrleitungen auf den linearen Grundstücken festgestellt. Es ist damit verbunden, dass die Anstrengungen, die in den Grundstücken der Biegung entstehen, zum Verstoß der Dichtheit bringen können, was zu den Ausfließen bringen wird.

Im unteren horizontalen Teil des Absperrschieberkörpers gibt es die Befestigungsmitteln, wobei der Absperrschieber an dem Rohrleitung befestigt wird. Flanschabsperrschieber haben die größte Popularität erhalten, aber es gibt auch Schweißenabsperrschieber und Kupplungsabsperrschieber.

Riegel haben folgende Vorzüge: sie haben der hohen Stufe der Dichtheit des Verschlusses im geschlossenen Zustand, der vergleichenden Einfachheit der Konstruktion und dem kleinen hydraulischen Widerstand (nach dem Vergleich von den Ventilen), der kleinen Baulänge, der Möglichkeit der Abgabe des Arbeitsmediums in einer beliebigen Richtung. Auch haben sie die Möglichkeit der Anwendung im breiten Umfang der Arbeitsmedien, der Drücke, der Temperaturen und der sonstigen Bedingungen des Betriebes.

Die Riegel haben folgende Mängel:

-lange Zeit der Abnutzung des Verschlusses, er kann nach einigen Minuten geschlossen werden;

-Riegel darf man nicht für die Umgebungen mit den sich kristallisierenden Stoffen verwendet werden, weil das verschließende Element nicht dicht geschlossen werden kann;

- große Bauhöhe;

- man kann der hydraulische Schlag am Ende der Schließung entstehen;

Nach der Konstruktion des verschließenden Elementes des Riegels kann man auf zwei Typen einstufen: Keil- und Parallelschieber.

Keilabsperrschieber hat seinen Name wegen des verschließenden Elementes bekommen, das sich vom Verschluss den parallelen Schiebern unterscheidet, und hat die Form des flachen Keils.

Besonderheit des Schiebers ist, dass der Sattel und die Dichtflächen parallel zueinander und unter einem Winkel von 10-12 Grad an Dichtflächen des Verschluss sind.

Bei den Keilschiebern gibt es Ausführungen mit starrem und elastischem Keil sowie mit Plattenkeil.

In dem Gehäuse den Keilabsperrschieber liegen zwei Sätteln, die zueinander in einem Winkel angeordnet sind. Parallelabsperrschieber haben zwei parallele Sätteln. Der Verschluss bewegt sich entlang der Gehäuse mittels einer Spindel (oder die Stange). In seinem unteren Teil ist die Spindel mit dem Verschluss verbunden, und der andere Teil ist mit dem Steuerelement durch die Stopfbüchse und dem Deckel gelangt. Das Kontrollelement kann ein Handrad, pneumatischen Antrieb, elektrischen Antrieb oder hydraulischen Andtrieb sein [1].

Gegenüber Parallelschiebern haben sie besondere Vorzüge: Infolge der Keilwirkung erhöhen die Dichtkräfte, was bereits bei geringen Druckdifferenzen zu guten Dichtwirkungen führt. Der rasche Austritt des Keiles aus dem Sitz vermeidet gleitende Bewegung und mögliche Nebenerscheinungen wie Verkratzen des Sitzes durch Fremdkörper oder Fressen.

Parallelschieber haben den Namen dank dem verschließenden Element bekommen, das in Form von der Disk oder dem Blatt erfüllt ist. Die parallelen Riegel teilen sich auf einscheiben-, oder zweischeiben-, bei denen das

verschließende Element aus zwei parallelen Disks bestehen, zwischen denen die Feder liegt. Wenn die hohe Stufe der Dichtheit im geschlossenen Zustand in den verlaufenden Umgebungen mit den großen Bedeutungen des Arbeitsdrucks nicht gefordert wird, so wird die Armatur mit dem verschließenden Element in Form von einer Disk verwendet. Es wird das Vorhandensein der kleinen Anzahl der mechanischen Beimischungen im transportierten Strom des Stoffes zugelassen.

Vorteile der Schieber: sie haben kleinen hydraulischen Widerstand, die Einfachheit der Konstruktion, was die Reparierbarkeit erhöht, und die Möglichkeit der Arbeit mit den komplizierten Umgebungen, d.h. die Fähigkeit des Verschluss den Strom einer beliebigen Konsistenz durchzuschneiden. Jedoch haben sie auch die Mängel – die niedrige Dichtheit und die große Bauhöhe.

Bei der Herstellung von Absperrschiebermaterialien sind in Gusseisen, Stahl und Edelstahl geteilt. Die gusseisen Absperrschiebern sind korrosionsbeständiger als die Absperrschiebern, die aus Weichstahl gefertigt sind. So haben die gusseisene Absperrschieber eine lange Lebensdauer bei Kontakt mit dem Wasser. Nachteil von gusseisenen Absperrschiebern ist ihre Zerbrechlichkeit. Aus diesem Grund ist es Unmöglich die gußeisene Absperrschieber an Rohrleitungen zu verwenden, in dem der Druck 1,6 MPa übersteigt. Stahlabsperrschieber sind leichter bearbeitet, sie sind viel mehr Kunststoff und stärker als Gusseisen (Druck von mehr als 1,6 MPa standhalten). Stahlabsperrschieber sind aus Stahl gefertigt, die die Eisenlegierung mit geringerem Kohlenstoff gehalt. Stahlabsperrschieber haben die hohe Beständigkeit gegenüber Wärme. Hauptnachteil dieser Art von Absperrschieber ist Korrosionsanfälligkeit. Daher anwenden die Stahlabsperrschieber in der Pipelinen mit dem wenigsten aggressiven Arbeitsmedium (Dampf, Öl, Wasser und anderen Substanzen, die Korrosion in einem geringeren Ausmaß verursacht). In die aggressivere Arbeitsumgebung anwenden die Absperrschieber aus Edelstahl.

Anwendungen den Edelstahlabsperrschieber sind: Gas-, Chemie- und Ölkugel, und die Kugel von Wasser mit einer Temperatur von + 525 ° C und in aggressiven Umgebungen. Wartbarkeit und Wirtschaftlichkeit sind die wichtigsten

Vorteile von Edelstahlabsperrschieber. Sie können mehr als 2000 Zyklen des Öffnens und des Schließens zu widerstehen [2].

2. Aufbau und Konstruktion

Die Absperrschieber besteht aus einer Stopfbuchsbrille, einem Stopfbuchsgehäuse, einem Schrauben, einer Lagerung, zwei Dichtungen, einer Stopfbuchspackung (O-Ringe), einem Hauben (Gehäuseoberteil), einer Spindelmutter, einem grossen Gehäuse, einem Keil mit seinem Keil-Dichtring und einem Gehäuse-Dichtring. Auf der Abb. 2 ist eine Absperrschieber [3].

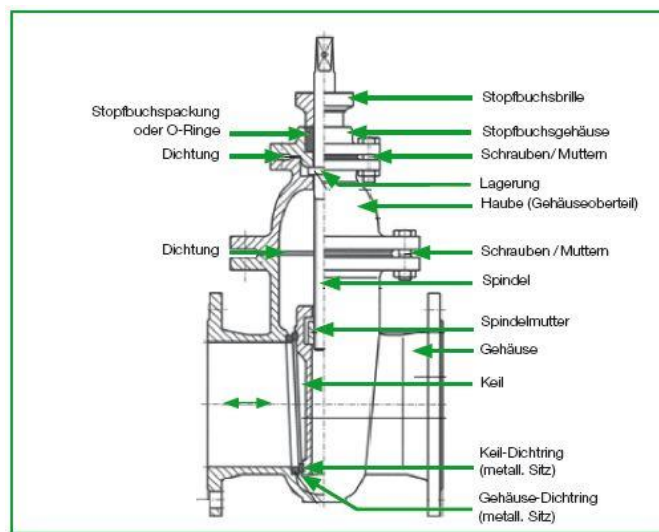


Abb. 2 – Absperrschieber

1. Spindelmutter ist das Detail, das für die Sendung des drehenden Momentes auf den Keil verwendet wird. Wenn die Spindelmutter die drehenden Bewegungen im Laufe der Eröffnung des Riegels begeht, verwirklicht die Spindel die Vorwärtsbewegung.

2. Gehäuse (Abschlusskörper) der Absperrschieber ist eine ganze Konstruktion. Es ist für die Anordnung der beweglichen Teile der Armatur, und der Kapselung des Stroms von der Umwelt vorbestimmt.

3. Schraube stellen den Stift oder den Bolzen dar, auf dessen Oberfläche das Schnitzwerk liegt. Mit Hilfe der Schrauben nimmt sich der Deckel des Riegels zu ihrem Körper zusammen [4].

4. Stopfbuchspackungen gilt für die Abdichtung und zur Vermeidung von Leckagen. Als Materialien für das Polstern der Stopfbuchspackung kann die spezielle Schnur aus den Baumwollenen- und Leinmaterialien verwendet sein. Solche Schnur soll vom speziellen mineralischen Öl der dicken Konsistenz durchtränkt sein, und wird gerade für die Riegel verwendet, die in den Rohrleitungen mit der Temperatur der Flüssigkeit weniger 100-hundert Grad verwendet werden.

5. Für die Verhinderung der Ausfließen zwischen dem Körper und dem Deckel des Absperrarmatur werden die Dichtungen verwendet. Die Dichtungen werden zwischen allen mechanischen Teilen des Riegels festgestellt, wo der Kontakt das Metall-Metall geschieht, zum Beispiel, die Flanschverbindung.

Die Dichtungen sollen verschleißfest sein. Sie werden der niedrigen und hohen Temperaturen affiziert, auch sollen sie zur Einwirkung des mineralischen Öls, eines bestimmten Kohlenwasserstoffs, der Lösungsmittel standfest sein. Dichtungen werden in zwei Kategorien eingeteilt. Die berührungslosen Dichtungen und die berührenden Dichtungen [5].

6. Gesperrorgan der Armatur. Er ist für die volle Eröffnung oder die Schließung des Riegels vorbestimmt. Das Gesperrorgan kann die Form des Keils oder die Form des Diskus haben [6].

4. Elektromotorischer Antrieb für Rohrleitungsarmaturen

Riesige Sortiment der heute existierenden Rohrleitungsarmatur erlaubt vollständig den Strom des Arbeitsmediums zu kontrollieren: seine Geschwindigkeit, die Intensität zu regulieren, die Vermischung zu verwirklichen, die Teilung usw. Aber einige Arten der Armatur brauchen den verwaltenden Organ selbst.

Er kann den Strom der Flüssigkeit überdecken. In den Systemen mit dem kleinen Druck und dem Durchmesser der Rohre wird die Armatur mit dem Handantrieb verwendet, für die Verwaltung denen der bedeutenden physischen Bemühungen nicht erforderlich ist [7].

Mit der Größe des Drucks und des Schnitts der Rohrleitung auch nimmt der Umfang der Armatur zu, deshalb für die automatisierte oder mechanisierte Verwaltung des Stockes dem Absperrschieber verwenden verschiedene Arten der Antriebe. Den meisten Vertrieb haben elektrische Antriebe dank den folgenden Vorteilen im Vergleich zu anderen Typen bekommen. Sie haben die kleineren Abmessungen und die Masse, sie haben die große Reparierbarkeit, die mit der Abnahme des Antriebes von der geltenden Armatur für ihren Ersatz oder die Reparatur verbunden ist, fehlt die Gefahr der spontanen Abnutzung des Arbeitselementes, sowie haben sie die kleinere Zahl der Elemente für die Reparatur dabei. Für den Betrieb wird das elektrische Netz [8] verwendet, das nicht verstopft und nicht friert im Vergleich zu hydraulischen und pneumatischen. System mit dem elektrischen Antrieb hat den hohen Wirkungsgrad. Der elektrische Antrieb verfügt tatsächlich über den unbeschränkten Umfang der Stärke und der Momente (zwischen ca. 10 Nm bis zu 30 000 Nm).

Elektrische Antrieb wird nach den folgenden Merkmalen eingestuft:

1. Anschein nach stufen die Umstellungen und seiner Größe des Antriebes auf folgende Weise ein:

- Mit dem geraden Lauf.

- Mit der unvollständigen Wendung, bei denen sich das verschließende Element auf 1/4 Wendungen umdreht.

- Mehrzirkulierenden. Arbeitselement begeht die drehende Bewegung (zum Beispiel, der Stock).

2. Auf den Forderungen der Explosionssicherheit – mit dem Schutz vor der Explosion oder in der normalen Erfüllung.

3. Nach der Weise des Schlusses der Arbeit in der endlichen Lage:

- Antrieb mit den Endschalter;

- Mit der Kupplung die Beschränkungen des Drehmoments;

- Mit dem elektrischen Relais der Beschränkung der Kraft des Stromes;

- Die kombinierte Weise unter Ausnutzung der Endschalter und das Relais;

- In den modernen elektrischen Antrieben wird die Programmberechnung der Lage nach den Signalen vom Sensor der Lage verwendet.

4. Je nach der verwaltenden Einrichtung des elektrischen Antriebs werden auf die folgenden Klassen eingestuft:

- Nicht automatisierte elektrische Antrieb. Die Verwaltung verwirklicht sich mit Hilfe der reversiblen magnetischen Starter;

- Elektrische Antrieb mit dem intellektuellen Relais der Verwaltung und dem äußerlichen Schalter;

- Elektrische Antrieb mit dem reversiblen Wandler des fließenden Starts, die auf der Grundlage der Thyristors realisiert wird (Thyristor Spannungsregler);

- Elektrische Antrieb mit dem Frequenzumrichter.

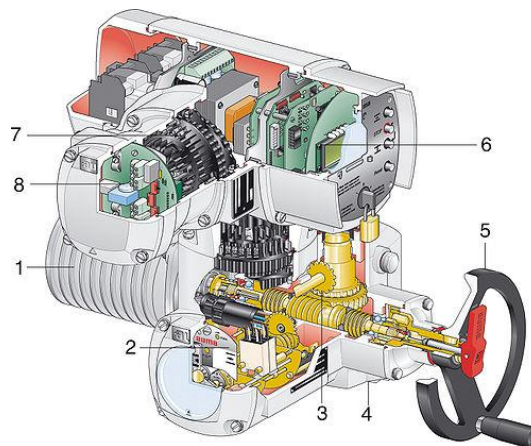


Abb 3 – Elektromotorischer Antrieb für Rohrleitungsarmaturen

4.1 Motor

Als Elektromotoren werden die folgenden Arten der Motoren verwendet: die Motoren des Gleichstroms, die synchronen Motoren, die asynchronen Motoren. Aber die hauptsächliche Verwendung als Motoren fanden Asynchronmotoren. Die asynchronen Motoren haben die erhöhte Zuverlässigkeit [9], der niedrige Preis, die einfache Konstruktion, zusammen mit dem Spannungsregler oder Frequenzumrichter kann man den großen Umfang für die Regulierung der Geschwindigkeit oder des Momentes bekommen. Die asynchronen Motoren für die Rohrleitungsarmatur der Erdölleitungen werden mit den Körper mit dem Schutz

vor der Explosion hergestellt. Bei solchen Motoren fehlt die Abkühlung vom Lüfter, deshalb eine langwierige Arbeit solcher Motoren ist unzulässig. Periode der Arbeit des elektrischen Antriebs der Rohrleitungsarmatur erreicht Maximum 15 Minuten.

4.2 Weg- und Drehmomentsensorik

Beim Herangehen an die endliche Lage des Riegels sprechen die Endschalter an. Sie werden an zwei Stellen festgestellt: ein schafft das Signal bei der vollen Eröffnung des Riegels, anderer schafft das Signal bei der vollen Schließung des Riegels. Die Endschalter sind für die Beschränkung des Laufs des verschließenden Elementes vorbestimmt. Ohne Endschalter kann das verschließende Element die Wände der Rohrleitung zerstören.

Für die Kontrolle des Momentes des Motors werden die Sensoren des Momentes verwendet. Die Sensoren geben das Signal in Form vom Strom oder der Spannung aus. Zu den Mängeln der gegebenen Weise gehören:

- Es wird die Stelle für die Anlage des Sensors gefordert, es ist nicht immer möglich.
- Es wird eine Speisung für den Sensor gefordert.
- Auf das Signal des Sensors können die Störungen einwirken. Es wird die Aussagen verzerren.

Andere Methode der Kontrolle des Momentes ist die indirekte Berechnung. Es geschieht mit Hilfe der Berechnung des Momentes im Prozessor. Der Prozessor rechnet den Moment nach den bekannten Bedeutungen des Stromes und die Spannung aus. Der Strom und die Spannung werden mit Hilfe der Sensoren gemessen. Diese Sensoren sind in den Spannungsregler eingebaut.

4.3 Getriebe

Für die elektrischen Antriebe des Riegels wird die Schaffung des großen Momentes in die Arbeitszeit bei der Eröffnung und bei der Schließung gefordert [10]. Der Übertragungsmechanismus wird für die Erhöhung des Momentes des

Motors verwendet. Der Moment wird auf Rechnung von der Übertragungszahl des Reduziergetriebes erhöht. Zum Beispiel, bei der Übertragungsbeziehung wird der 50 Moment in 50 Male erhöht werden. Mit der Geschwindigkeit geschieht die Rückerscheinung. Sie sinkt in soviel Mal als die gleich Übertragungszahl. Für die elektrischen Antriebe des Riegels werden die Wellenreduziergetriebe mit den Zwischenkörper der Rollbewegung verwendet.

Solche Art des Getriebes verfügt über die folgenden Vorteile im Vergleich zu den Zahnradgetrieben:

- Hohe Übertragungszahl, die für die eingestuft Reduziergetriebe 60 bildet. Es ermöglicht die hohen Drehmomente auf dem Abgabeglied des Riegels zu erreichen.

- Hohe Wirkungsgrad, der von 80 bis zu 90 % ist, und für die Reduziergetriebe der speziellen Konstruktion bis zu 97 bildet.

- Der Reduziergetriebe hat bei den identischen Koeffizienten der Sendung hat die kleineren Abmessungen im Vergleich zu den gezahnten Reduziergetriebe.

- Er hat die kleine Bedeutung der Vibration, da er aus den Wellenmodulen besteht, die verhältnismäßig einander auf 120 Grad verschoben sind, das Gleichgewicht der Massen dadurch gewährleistet wird.

- Wellenreduziergetriebe hat den kleinen Winkelspielraum bis zu 0,8 Grad bei der normalen Genauigkeit und bis zu 0,05 für die Reduziergetriebe mit der erhöhten Genauigkeit.

- Er hat den kleinen Moment der Trägheit, der mit dem Moment der Trägheit des Motors vergleichbar ist. Dank ihm existiert die Möglichkeit des schnellen Starts oder des Bremsens, sowie das dynamische reversible Drehen.

Auch Untersetzung der hohen Drehzahl des Elektromotors wird häufig ein Schneckengetriebe verwendet.

4.4 Armaturenanschluss

Für die Verbindung des Körpers des Riegels wird Flanschanschluss oder das Schweißen verwendet.

4.4.1 Flanschanschluss

In der Industrie wird der Flanschanschluss oft verwendet. Er soll die Dichtheit und die Haltbarkeit der gesammelten Konstruktionen gewährleisten. Die Rolle der qualitativen Verbindung ist wichtig, weil die nicht haltbare Befestigung zu den großen Verlusten führen kann, und mit der Gefahr dem Bedienungspersonal bedrohen. Dieses Detail stellt die metallische Disk dar und gewährleistet die feste und dichte lösbare Verbindung. Eine Hauptaufgabe des Flansches ist die Verbindung der Rohrleitung zum Körper des Riegels.

Flanschanschluss besteht aus den folgenden Elementen – der Flansch, der Verlegung, das Befestigungsteil. Die Flansche haben die Klassifikation nach verschiedenen Kennwerten. Nach der Konstruktion teilen sie sich auf: die Ganzen; die Freien. Sie werden zusammen mit der Armatur im Laufe des Gusses oder des Stanzens hergestellt, auch kann man die Vereinigung mit Hilfe des Schweißens erzeugen. Die freien Flansche stellen Disk dar, die sich zum geschweissten Flansch oder dem Rand des Rohres zusammennimmt. Beide Arten haben Vorzüge und Mängel. Die freien Flansche sind in der Montage bequem, ihre Konstruktion erlaubt leicht die Öffnungen unter die Haarnadeln zu vereinen. Mangel ist die kleinere Haltbarkeit und die Härte, als bei den ganzen Flanschen.

Es gibt verschiedene Flanschtypen, die in unterschiedlichen Anwendungsbereichen eingesetzt werden. So können Flansche zum Beispiel an das Rohr geschweißt oder geschraubt werden [11].

Alle Flansche werden auf etwas Arten in der Abhängigkeit der Erfüllung unterteilt:

- Gußflansche, die wie der Einheitliche Ganz mit dem Körper hergestellt werden. Sie können aus dem Stahl oder dem Gusseisen gegossen werden.

- Stahlflansch, bei denen das Schnitzwerk auf dem Halszapfen gelegen ist. Dieser Flansch ist konstruktiv stabil und wird auch bei hohen Drücken eingesetzt [12].

- Flansche mit «Kragen». Sie stellen das Erzeugnis aus dem Stahl dar, das vom Schweißen bekommen ist. Die Bestimmung des Flansches besteht in der

Vereinigung der Rohrleitungen mit dem hohen und mittleren Drucken. Der Vorteil dieses Typs besteht in der Einfachheit der Montage und der Wirtschaftlichkeit. Im Vergleich zu den geschweissten Flachflanschen verringern sie den Arbeitsaufwand der Herstellung durchschnittlich auf 20 % und den Arbeitsumfang nach dem Schweißen zweimal.

4.4.2 Das Schweißen

Schweißen ist ein technologischer Prozess, bei dem das Erhalten der nichtdemontierbaren Vereinigungen mittels der Erwärmung und des Schmelzens der Kanten der verbundenen Details geschieht. Das verhärtende Metall bildet die geschweißte Naht. Das Schweißen wird in diesem Fall verwendet, wenn der Riegel in den schweren Bedingungen liegt, zum Beispiel, die niedrigen Temperaturen, die Stoffe mit der hohen Korrosionsaktivität. Für die Demontage des Riegels wird das Abschneiden ihres Körpers von der Rohrleitung gefordert.

4.5 Handbetätigung

Elektrischen Antriebe haben in der Grundaussführung ein Handrad. Er wird für die Eröffnung oder die Schließung des Riegels verwendet, wenn der elektrische Antrieb nicht arbeitet. Zum Beispiel, wenn die Energieversorgung beim Notfall fehlt.

4.6 Stellantriebs-Steuerung

Sensoren in den elektrischen Antrieben folgen auf die technologischen Kennwerte. In den modernen elektrischen Antrieben geschieht die Bearbeitung der Signale von den Sensoren im Regime der realen Zeit. Das Signal wird mit Hilfe der speicherprogrammierbaren Steuerung bearbeitet. Zu gemessenen technologischen Variablen des elektrischen Antriebs des Riegels gehören:

1. Moment, der vom elektrischen Antrieb auf dem Abgabeglied entwickelt wird. Der Moment des Mechanismus hängt vom elektromagnetischen Moment ab, der vom asynchronen Motor entwickelt wird, der auf das Reduziergetriebe handelt.

Das Reduziergetriebe vergrößert den Moment und verringert die Geschwindigkeit die Drehzahl des Stockes des Riegels. Der elektromagnetische Moment des Motors hängt vom Quadrat der Spannung ab, das mit der Hilfe den Thyristorregler der Spannung reguliert wird.

2.Winkel der Wendung des Stockes des Mechanismus. Er hängt von der Geschwindigkeit des Drehens des Motors ab. Für die Bestimmung der Lage des verschließenden Elementes der Armatur verwenden Absolutendlosregler, die Signale mit denen auf das Mikroprozessorsteuersystem handeln. Absolutendlosregler wird auf die Welle des Motors festgestellt.

3.Strom, der vom Motor in die Arbeitszeit konsumiert wird.

In die Arbeitszeit des elektrischen Antriebs des Absperrschiebers existieren fünf wesentliche (beiderseitig ausschliessend) Zustände:

- Zustand, wenn der Absperrschieber geöffnet ist;
- Zustand, wenn der Absperrschieber geschlossen ist;
- Absperrschieber in der Zwischenlage;
- Absperrschieber wird geschlossen;
- Absperrschieber wird geöffnet;

Außer fünf Hauptzuständen sollen die zusätzlichen Zustände vorgesehen sein:

- Panne;
- Defekt.

Für die Kontrolle des laufenden Zustandes des Riegels in den Steuerschaltkreisen der Automatisierung und der Telemechanisierung sollen die folgenden Punkte der Messung vorgesehen sein:

- Kontrolle der Lage des Endschalters der Eröffnung;
- Kontrolle der Lage des Endschalters der Schließung;
- Kontrolle der Kraft bei der Eröffnung;

• Kontrolle der Kraft bei der Verdichtung. Sie ist ein wichtiger Punkt der Messung, da die Überschreitung des Momentes mit der mechanischen Zerstörung der Wände der Rohrleitung bedroht;

- Kontrolle der Lage des Riegels;
- Kontrolle des Stromes des Motors.

5. Regelung des Elektroantriebs

Regulierung des elektrischen Antriebs heißt die Veränderung seiner Kennwerte in einem bestimmten Umfang [13]. Zu diesen Kennwerten gehören: die Frequenz der Drehzahl der Welle des Motors, die Lage des Rotors, der drehende Moment. Die Regulierung der Geschwindigkeit geschieht von der Veränderung der Frequenz. Die Regulierung des Momentes verwirklicht sich von der Veränderung der Spannung der elektrischen Speisung [14]. Als Wandler werden der Frequenzumrichter und der Thyristorspannungsregler verwendet.

5.1 Frequenzumrichter

Frequenzumrichter ist ein elektrischer Stromrichter, der die Frequenz und die Amplitude der veränderbare Wechselspannung verändert. Die Veränderung der Frequenz und der Spannung geschieht nach bestimmten Gesetzen: $\frac{U}{f}, \frac{U}{f^2}, \frac{U}{\sqrt{f}}$.

Der Wert der Frequenz und der Amplitude der Ausgangswechselspannung hängen von der Belastung des Motors und von den Forderungen des technologischen Prozesses ab, der Prozess der Regulierung geschieht automatisch.

Einige Frequenzumrichter haben zusätzliche Eingänge, die die Signale von den Sensoren bekommen: die Zahl der Wendungen, momentane Winkelposition des Rotors, die Ströme, die Spannung. Nach diesen Kennwerten geschieht die Korrektur der Frequenz und der Spannung.

Der Frequenzumrichter besteht aus dem Gleichrichter, dem Filter und dem Wechselrichter. Als Eingangsstufe wird eine passive Gleichrichterbrücke eingesetzt, er wird den Wechselstrom der Speisung in den Gleichstrom umwandeln. Diese konstante Spannung wird mit dem Wechselrichter zerhackt [15].

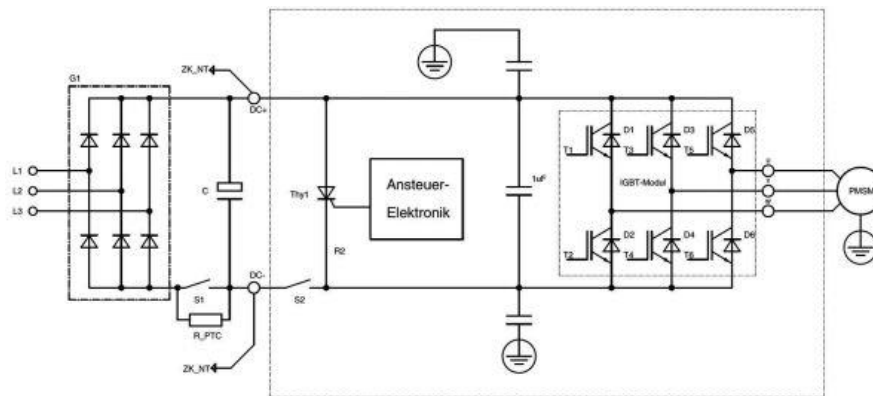


Abb. 4 –Frequenzumrichter

Vorteile:

- Einsatz von Drehstrommotoren mit glatten Geschwindigkeitsregelung.
- Breiten Einstellbereich.
- Keine hohe Einschaltströme.
- Frequenzregelung ermöglicht die Motordrehzahl in Übereinstimmung mit der Art der Last zu steuern.

Nachteile:

- Bei der Arbeit gibt es starke elektromagnetische Störungen, die den Betrieb der Geräte stören können.
- Teurer als der Thyristor Spannungsregler.

5.2 Thyristordrehstromsteller

Drehstromsteller dienen zur kontaktlosen Verstellung oder Regelung von Spannungen sowie Strömen in Drehstromnetzen. Sie sind als kontaktloser Ersatz von Schuetzen und Stelltransformatoren anzusehen.

Anwendungsgebiete sind heute hauptsaechlich die Temperatur- und Heizungssteuerung oder –Regelung, die Dreahzahlverstellung von Drehstrommotoren durch Drehstromsteller hat durch das Vordringen preiswerter Umrichter sehr an Bedeutung verloren.

Leistungsbereich der Drehstromsteller liegt etwa zwischen 5 und 500 kVA.

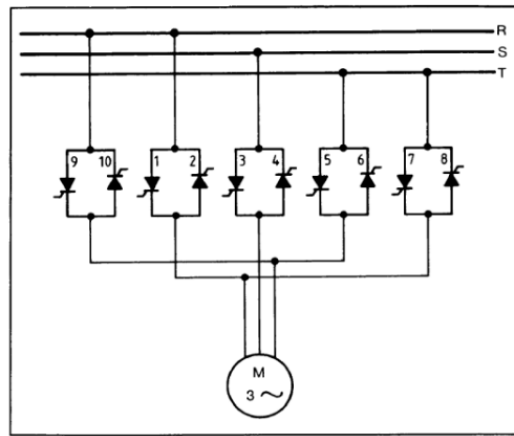


Abb. 5 – Der Thyristordrehstromsteller

Der Thyristordrehstromsteller ist billiger als der Frequenzumrichter und er hat wenige elektromagnetische Interferenz.

6. Motorschutz

Elektrische Antrieb des Absperrschieber soll den Schutz vor verschiedenen Notfällen haben. Folgen der Panne können zu groß ökonomischen (zum Beispiel, erforderlich, es ist der Ersatz des elektrischen Antriebs) und dem ökologischen Schaden bringen. Ein Hauptziel des Schutzes ist die Verhinderung der Folgen, die von der Panne herbeigerufen sind. Falsche Auslösung des Schutzes bringt zu den Absagen der Ausführung des Arbeitsablaufs, deshalb ein Hauptziel des Steuersystemes der elektrische Antrieb der Absperrarmatur ist die termingemäße Abnutzung bei der Panne, das Ausscheiden der falschen Signale und die Bestimmung der Möglichkeit der weiteren Fortsetzung der Arbeit des Mechanismus.

Panne wird der Ausgang einer bestimmten Koordinate für die Grenzen höher zulässig in der Strömung einer bestimmten Zeit angenommen, was zum Ausfall der Elemente des Antriebes oder dem Riegel bringen wird.

Für den elektrischen Antrieb der Absperrarmatur sind die folgenden Notfälle möglich:

1. Überhitzung der Wickeln des Motors ist als die zulässige Bedeutung höher. Entsteht bei der Überschreitung der Schubdauer auf den großen Momenten

oder in den nicht symmetrischen Regimes der Arbeit, zum Beispiel, bei der Unterbrechung der Phase in der Belastung oder der Phase des Netzes. Meistens arbeitet der Motor im kurzzeitigen Regime (höher lassen als 10-15 Minuten, was mit den begrenzten endlichen Lagen des Mechanismus verbunden ist, die vom Durchmesser der Rohrleitung abhängen), und die Perioden zwischen den Zyklen dem Motor zu, bis zur Temperatur der Umwelt gekühlt zu werden.

Wiederholt-kurzzeitige Regime des Betriebes kann man zu am meisten ungünstig vom Gesichtspunkt der Handlung des Schutzes bringen. Die Überhitzung der Wickeln entsteht wegen der nicht symmetrischen Ströme in den Phasen des Wickelns den Stator. Auch kann die Überhitzung bei der Überlastung vom Einkeilen des Riegels entstehen. Die Überhitzung der Wickeln kann die beschleunigte Zerstörung der Isolierung der Wickeln herbeirufen, wonach die Kurzschlusses zwischen den Windungen und die Kurzschlüsse auf den Körper des Motors entstehen können.

Schutz, der auf den Zustand der Erwärmung des Wickelns folgt, soll das entsprechende Signal bekommen. Da in den instationären Regimes der Strom und die Temperatur einander nicht entsprechen können, so kann der Schutz, deren Handlung auf der Messung des Stromes gegründet ist, seine Rolle nicht erfüllt.

Vor den Stromüberlastungen den Motor schützt man mit dem Temperatur- und Thermischenrelais, der automatischen Schalter mit dem thermischen Auslöser, oder die Temperatur messen mit der Sensoren, die in die Wickeln des Motors eingebaut sind (der Thermistoren). Vor der Unterbrechung der Phasen den Motor schützen mit dem Relais der Kontrolle der Phasen. Sensoren der Messung des Stromes können innerhalb dem Leistungswandler, oder abgesondert im Schild der Verwaltung des elektrischen Antriebs bestimmt sein. Signale von den Sensoren kommen auf das Modul der Steuerung und den Block des Schutzes, in dem die Berechnung des Stromes und seines Vergleiches mit den bestimmten Bedeutungen geschieht. Wenn die Bedeutung des gemessenen Stromes die Größe bestimmt übertritt, so wird der elektrische Antrieb abgeschaltet werden und wird auf dem Indikator auf dem lokalen Führerstand den Fehler ausgeben.

2. Schutz vor der Überhitzung der Krafthalbleiterschlüssel. Wegen der erhöhten Ströme geschieht die Überhitzung der Krafthalbleiterschlüssel des Wandlers. Die Kontrolle der Temperatur verwirklicht sich mit der Thermosensoren, die auf die Heizkörper der Thyristor festgestellt werden.

3. Schutz vor der Veränderung die Spannung. Der Schutz vor der minimalen Spannung, bei der es weniger 80 % von nominell fällt, dient für die Abschaltung des Motors beim unzulässigen Fallen der Spannung im Netz, oder lässt den spontanen Einschluss des Motors nicht zu. Für den Schutz des Motors werden die Relais der minimalen Spannung, oder die automatischen Schalter mit dem Auslöser der minimalen Spannung verwendet.

Schutz vor der unzulässigen Überschreitung (es ist 20 % von nominell höher) die Spannung schaltet den Motor vom Netz auch ab, da die Erhöhung der Spannung die Größe der Ströme, die nach den Wickeln des Motors verlaufen, beeinflusst wird, was zur Überhitzung bringen kann.

4. Kurzschluss im Steuerungssystem oder dem Motor kann beim Treffen der Feuchtigkeit in die Steuereinheit und beim falschen Anschluss den elektrischen Leitungsdraht entstehen. Der Kurzschluss bringt zum Verbrennen der Elemente des elektrischen Antriebs: der Leitungsdraht, die Ausrüstung. Auch entsteht der Brand. Die Apparate, die den Schutz des Motors von dem Kurzschluss verwirklichen, sollen augenblicklich ansprechen. Es werden die automatischen Schalter mit elektromagnetisch Auslöser, die Relais des maximalen Stromes (elektromagnetisch oder elektronisch), die Schmelzsicherungen verwenden. Der Schutz soll die Kurzschlüsse zwischen den Phasen und die Kurzschlüsse zwischen der Phase und der Erde verhindern. Der Schutz verwirklicht sich von der äußerlichen Hardware, oder mit der Vorstartdiagnostik, die mit dem Programmweg realisiert wird. Das Wesen der Methode besteht in der Abgabe eines kurzzeitigen Impulses auf dem Thyristor mit der nachfolgenden Analyse des bekommenen Stromes der Phase. Für die Prüfung des Vorhandenseins des Kurzschlusses auf die Erde muss man abwechselnd die Impulse für jede Phase des Netzes reichen. Der Impuls der Verwaltung soll auf der sinkenden Halbwelle der nähenden Phase des

Netzes gebildet sein, um die Superströme bei Vorhandensein vom Kurzschluss zu vermeiden.

5. Überschreitung des Momentes. Antrieb soll die übermäßigen Bemühungen auf den Dichtungsflächen des Verschlusses der Armatur nicht schaffen. Für die Beschränkung des Momentes des elektrischen Antriebs verwenden die Kupplung die Beschränkungen des Drehmoments. Sie soll den Schutz des Motors vor der Überlastung zur Zeit der Schließung, der Eröffnung oder beim Einkeilen der beweglichen Teile des Absperrschiebers gewährleisten. Kupplung versorgt die Möglichkeit des Anpressens des Verschluss zu den Setzsätteln mit dem geforderten Druck.

Schluss

Die Abschlussarbeit wurde gewidmet, der Entwicklung des Imitationmodells des elektrischen Antriebs auf Grund vom System der Thyristorspannungregler und des Asynchronmotors. Der Absperrschieber wird mit Keil verwendet, da die beste Dichtheit im geschlossenen Zustand gewährleistet. Es sind die Hauptarten der elektrischen Antriebe für die Absperrschieber betrachtet. Hauptsächlich werden die elektrischen Antriebe aufgrund der Frequenzumrichter und Thyristorspannungregler verwendet. In der Dissertation wird als Wandler der Thyristorspannungregler verwendet. Er hat die folgenden Vorteile im Vergleich zu den Frequenzumrichtern: er verfügt über kleineres Niveau der elektromagnetischen Störungen, deshalb hat er höhere elektromagnetische Vereinbarkeit, einfachere Konstruktion und kleineren Preis im Vergleich zu den Frequenzumrichtern. Es ist die Klassifikation der elektrischen Antriebe nach verschiedenen Merkmalen und der Aufbau des elektrischen Antriebs betrachtet. Die Hauptelemente des elektrischen Antriebs sind Regler, Asynchronmotor und Steuerungssystem. Die moderne elektrische Antriebe können den Prozess der Eröffnung und der Schließung automatisieren. Die Kontrolle von diesem Prozess kann fernbetätigt geschehen.

Es sind die Hauptarten des Schutzes der elektrischen Antriebe betrachtet. Der elektrische Antrieb des Absperrschiebers ist ein verantwortlicher Mechanismus. Im Falle der Panne kann die Ökokatastrophe, zum Beispiel, das Ausfließen des Erdöles geschehen. Zum Schutz werden hohe Forderungen nach der Zuverlässigkeit und der Schnelligkeit vorgelegt. Zu den Hauptarten des Schutzes wird der Schutz vor den Strömen des Kurzschlusses, vor der Überhitzung der Wickeln des Motors, vor der Überschreitung des zulässigen Momentes des elektrischen Antriebs verwendet. Für die Kontrolle dieser Größen werden die Sensoren verwendet. Die Signale von den Sensoren werden auf das Steuerungssystem übertragen, das die Signale bearbeitet und dann die Kontrolle auf den Antrieb übergibt.

Literatur

1. Thomas Wiesner / Wolfgang Mönning: Armaturen in Wärmekraftwerken. Essen: Vulkan-Verl., 2011.
2. Hans Jürgen Metternich: Rohrsystemtechnik: ... eine Einführung; [Armaturen, Sicherheitsarmaturen, Dichtungen, Rohrleitungen, Werkstoffe, Fördertechnik]. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel, 2014.
3. Handbuch Wasserversorgungs- und Abwassertechnik: Band 1: Rohrnetztechnik, 6. Ausgabe, Herausgeber: Fritz Conradin, Vulkan Verlag (1999), S. 270.
4. Gustav Niemann, Hans Winter, Bernd-Robert Höhn: Maschinenelemente – Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen. 4. Aufl. Springer, München 2005.
5. Gerhard P. Streit et al: Elastomere Dichtungssysteme - Werkstoffe, Anwendungen, Konstruktionen, Normen. Expert-Verlag 2010.
6. https://www.ksb.com/Kreiselpumpenlexikon_de/armatur/186268
7. Manfred Meyer: Elektrische Antriebstechnik. Springer, Berlin, 2 Bände, Band 1: Asynchronmaschinen im Netzbetrieb und drehzahlgeregelte Schleifringläufermaschinen. 1985, , Band 2: Stromrichter gespeiste Gleichstrommaschinen und voll umrichter gespeiste Drehstrommaschinen. 1987.
8. Theodor Schmelcher: Handbuch der Niederspannung, Projektierungshinweise für Schaltgeräte Schaltanlagen und Verteiler. 1. Auflage, Siemens Aktiengesellschaft (Abt. Verlag), Berlin und München, 1982.
9. Günter Boy, Horst Flachmann, Otto Mai: Die Meisterprüfung Elektrische Maschinen und Steuerungstechnik. 4. Auflage, Vogel Buchverlag, Würzburg, 1983.
10. ABB Intelligente Antriebe für die Prozessautomatisierung, 30/68-104-DE.
11. Thomas Seibert, Vergleich der Berechnungsvorschriften für Flansche in der Österreichischen, Deutschen und Britischen Norm, 60 Bl. : graph. Darst., 1992.
12. Günther Holzmann, Heinz Meyer, Georg Schumpich: *Technische Mechanik: Teil 3: Festigkeitslehre*. 7. Auflage. S. 178–180, 81.
13. Schaefer Helmut VDI-Lexikon Energietechnik, 1994.
14. Ulrich Riefenstahl: Elektrische Antriebssysteme : Grundlagen, Komponenten, Regelverfahren, Bewegungssteuerung. 2., bearb. und erw. Aufl., Teubner, Wiesbaden 2006.
15. ZVEI Frankfurt: Auinger H.; TU Dresden: Berth M., Eberhardt M., Kaufhold M., Speck J.: „Elektrische Belastung und Ausfallsverhalten der Wicklungsisolierung von Asynchronmaschinen bei Umrichterspeisung“; ELEKTRIE Berlin 49 (1995) 8/9.

Приложение Б

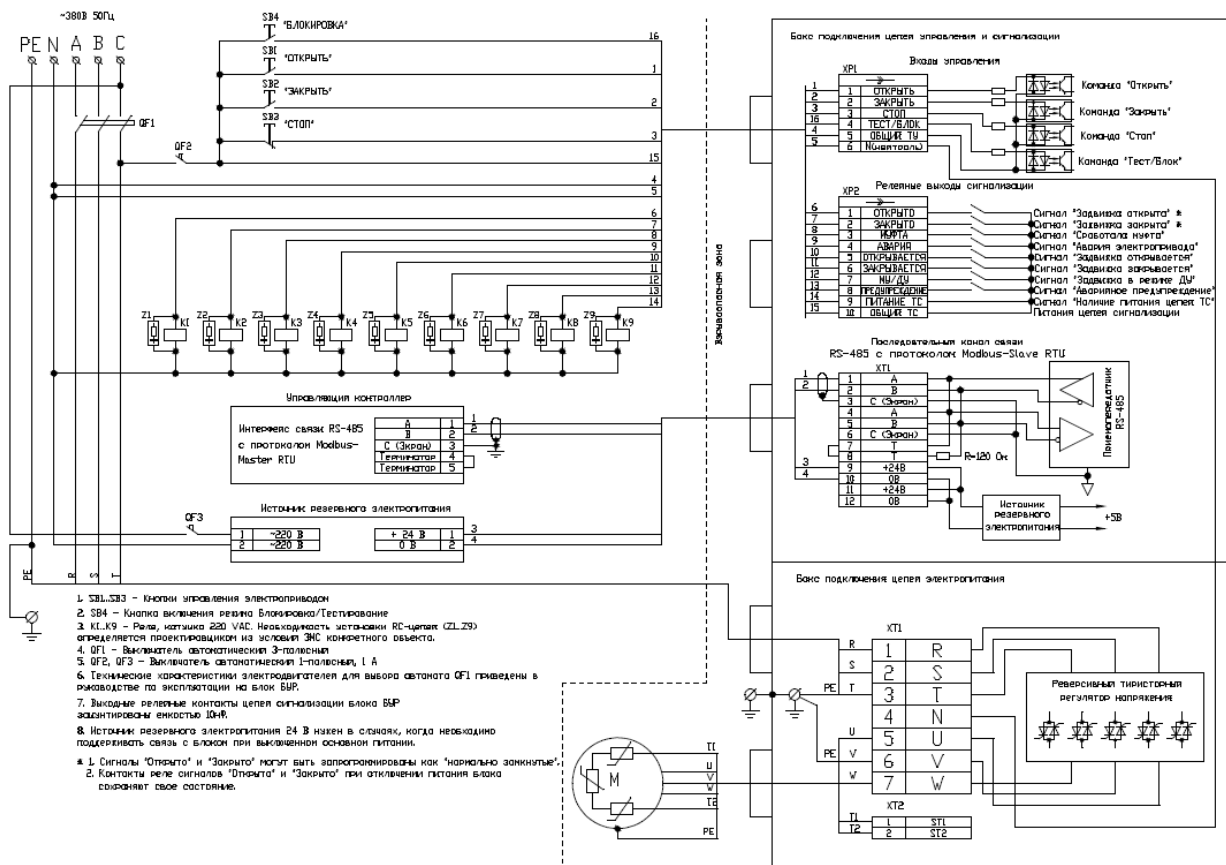


Схема подключения преобразователя БУР-Т