

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электрических машин и электропривода

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____
Кашева К. Ж. к.т.н.
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: Электропривод насосов на базе автономного инвертора тока сущинного агрегата

Выполнил (а) Тнапиев Санжар Айварулы ЭАК 14-8
(Фамилия и инициалы студента) группа

специальность 5В071800 «Электроэнергетика»

Научный руководитель Кузьмин Ю.В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

[Подпись] « 25 » 05 2018 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Консультанты:
по экономической части:
Жасулов А.А. в.э.н. профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
[Подпись] « 05 » 05 2018 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Манайбаева С.В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
[Подпись] « 15 » 05 2018 г.
(подпись)

нормоконтролер:
Кузьмин Ю.В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
[Подпись] « 25 » 05 2018 г.
(подпись)

Алматы 2018 г.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Минимальная схема электропривода
2. Электрическая схема двигателя АИР 10656 и его параметры
3. Функциональная схема замкнутой системы ПЧ-АД
4. Схема гидрогенератора
5. Структурная схема электро-регулируемого механического привода
6. Общий вид привода электрического привода

Рекомендуемая основная литература

1. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Рештов Д.В. "Разработка и исследование частотного асинхронного электропривода на базе инвертора ГИСА". 2010 г.

Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Эконом. часть	Жданов А.А.	05.05.18	
БЖД	Мананбаева С.С.	26.09-15.05	
Глава 1	Сузьмин Ю.В.	01.03-29.03	
Глава 2	Сузьмин Ю.В.	29.03-19.04	
Глава 3	Сузьмин Ю.В.	19.04-23.05	

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Институт Электроэнергетики и электротехники
Специальность 58071800- "Электроэнергетика"
Кафедра Электрических машин и электропривода

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Студент Тнапиев Санжар Айварулы
(фамилия, имя, отчество)

Тема работы Электропривод насосов на базе автономного инвертора тока сушильного агрегата

утверждена приказом ректора № 155 от «23» 10 2017 г.

Срок сдачи законченной работы «24» 05 2018 г.

Исходные данные, требуемые параметры результатов и исходные данные барокашовой сушильный агрегат ЦСБ-8

Необходима модернизация с применением электрического привода на базе автономного инвертора тока
необходима разработка для расчетной мощности
сырья данным сушильный агрегатом

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломной работе или краткое содержание:

1. Постановка задач на проектирование барокашовой сушильного агрегата
2. Разработка технических требований к электрическому приводу.
3. Выбор частотного преобразователя на базе АИЧ
4. Разработка структурной модели электрического привода
5. Технико-экономическая модернизация сушильного агрегата
6. Разработка мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала

Аннотация

В дипломном проекте проводится обширный анализ технологии производства и перспективы совершенствования электропривода сушильной установки с учетом физико-механических свойств сырья. Выбирается электропривод механизма, вычисляется мощность электродвигателя, и кинематический расчет механизма в соответствии с технологическими режимами работы. Одновременно выбираются асинхронный АИР 11S6 и соответствующий преобразователь частоты Powtran серии PI7800 мощностью 15 кВт. Изучение виртуальной модели системы управления электроприводом сушильной установки по схеме ПЧ-АД в среде Matlab показало хорошее качество контроля, что подтверждается диаграммами переходных процессов скорости сушки барабана в технологических режимов его эксплуатации. в работе рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и жизнедеятельности, проведена технико - экономическое обоснование проекта.

Annotation

In the final project, an extensive analysis of the production technology and the prospects for improving the electric drive of the grain drying plant were carried out, taking into account the physico-mechanical properties of the raw materials. I chose the drive mechanism, calculates the electric motor power and the mechanism of the kinematic calculation in accordance with the technological regimes. The selected asynchronous motor with a capacity of 160S6 with a power of 11 kW and a corresponding frequency converter Powtran PI7800 series 15 kVA. The research virtual model of the electric drive control system of the drying unit according to the FC-AD scheme in Matlab showed a good quality of control, as evidenced by the diagrams of the drying drum's transition speed in the technological environment. the document addresses issues of ensuring security and livelihoods, the technique being conducted - the business case for the project.

Аңдатпа

Дипломдық жоба шикізаттың физикалық және механикалық қасиеттерін ескере отырып, астықтың кептіру қондырғысының электр жетегін жетілдірудің технологиясын және перспективаларын кеңінен талдау жүргізді. Механизмнің электромагниттік қозғалысы таңдап алынды, электр қозғалтқышы бойынша есептеулер жүргізілді және механиканың кинематикалық есептері технологиялық жұмыс режимдеріне сәйкес орындалды. Сыйымдылығы 160 кВт болатын 11 кВ асинхронды қозғалтқыш және 15 кВт сыйымды сыйымдылығы бар Powtran Series PI7800 таңдап алынды. «ЖТ-АҚ» схемасында кептіру қондырғысының төгінді басқару блогының виртуалды модульдік басқару жүйесі Матлаб орталығында зерттеулердің өзгеру сапасын көрсетті. Технологиялық режимдерге сәйкес айнымалы процестерде барабанның жылдамдық диаграммаларын пайдаланады. Жұмыста өмір қауіпсіздігі мәселелері қарастырылады, жобаның техникалық-экономикалық негіздемесі жүзеге асырылады.

Содержание

Введение	6
1 Описание технологического процесса. Свойства сырья и предварительный выбор электрического оборудования	8
1.1 Описание технологии производства и перспективы усовершенствования электропривода сушильного агрегата	8
1.2 Физико-механические свойства сырья	11
1.3 Технология сушки семян	12
1.4 Центробежный насос. Принцип действия и конструкция	14
1.4.1 Основные определения	14
1.4.2 Принцип действия и конструкция	14
1.4.3 Области применения и особенности режимов работы центробежных насосов	16
1.5 Выбор электропривода механизма и предварительный расчет мощности электрического двигателя	17
1.6 Анализ по разделу и постановка задач на проект	21
2 Расчет режимов частотно-регулируемого электропривода и составление структурной и функциональной схем	22
2.1 Выбор типа электрического механизма. Расчет мощности электродвигателя сушильного агрегата	22
2.2 Кинематический расчет	27
2.3 Обзор схем и принципов управления преобразователями частоты с промежуточным звеном постоянного тока	28
2.3.1 Выбор преобразователя частоты и аппаратуры управления	35
2.4 Исследование установившихся режимов работы электропривода с автономным инвертором тока и формированием напряжения	41
2.5 Структурные и функциональные схемы электропривода, приводимые в действие преобразователем частоты	47
3 Исследование системы управления электроприводом сушильного агрегата в системе Matlab	50
3.1 Составление структурной и функциональных схем в Matlab	50
3.2 Математическая модель барабанного сушильного агрегата	52
3.3 Моделирование системы ПЧ-АД барабанного сушильного агрегата в Matlab	53
3.4 Анализ результатов моделирования переходных процессов динамики системы ПЧ-АД-БСА	56
4 Расчет технико-экономических показателей	57
4.1 Техничко-экономическое обоснование автоматизированного энергоэффективного электропривода сушильной установки	57
4.2 Расчет расходов	57
4.3 Расчет годовых операционных расходов	58
4.3.1 Расчет заработной платы	58

4.4 Расчет экономической эффективности	60
5 Безопасность жизнедеятельности	62
5.1 Анализ условий труда сотрудников цеха	62
5.2 Определение кратности воздухообмена в производственном помещении	63
5.3 Выбор вентилятора и электродвигателя для разделенного воздухообмена	66
5.4 Расчет общей системы вентиляции	68
Заключение	71

Введение

Основным направлением производственного цеха является производство растительных масел. Производство масла состоит из следующих этапов: подготовка сырья, упаковка, добыча масла, масло из морских водорослей, отбеливание масла - очистка путем упаковки и удаление нежелательного запаха. Мощность этого устройства предназначена для обработки безвременной обработки семян. Проектная мощность установки подходит для обработки семян размножения при 280 тонн в день. В настоящее время мощность завода заключается в переработке до 200 000 тонн подсолнечника в год, до 350 000 тонн хлопка.

Объектом, рассматриваемым в дипломной работе, является сушильный агрегат для сушки растительного сырья. В частности, исследовательское устройство представляет собой электродвигатель. Мы рассмотрим тип барабана выбранного сушильного агрегата. Основным рабочим организмом в барабанном сушильном агрегате является барабан в виде полых форм, стальной цилиндрический барабан. У барабана есть усиленные изогнутые лопасти. Лопасти ставятся под небольшим наклоном, семена на дне поднимаются вверх. Когда семена перемещаются вверх по склонам изогнутых лопастей, семена распределяются отдельно в секции, состоящие из различных форм. Движение агента сушки обычно происходит в направлении движения семян, что способствует ускорению его выхода из барабана. Барабан опирается на ролики; при небольших размерах его цапфы, укрепленные с обоих торцов, опираются на подшипники. Барабанные сушилки работают под разрежением во избежание утечки агента сушки через не плотности наружу. Барабанная сушильный агрегат работает, чтобы избежать слива капель воды. Плотность лабиринта обеспечивается там, где семена приходят и поступают в барабан. Эти плотности предотвращают вращение барабана, а также циркуляцию воздуха внутри циркуляции. Во время вращения барабана семена равномерно очищаются и высушиваются в процессе возврата с полки на полку. Семена находится в барабане в разрыхленном состоянии, поэтому сушка его значительно ускоряется (в 2–3 раза) по сравнению с сушкой семян, лежащего плотным слоем в шахтных сушилках; снижение влажности его за один пропуск через барабан при условии сохранения качества составляет 4–5%. Заполнение объема барабана составляет (20–25%), количество испаряемой в нем влаги (влажнапряжение) при температуре агента сушки 150–200° находится в пределах 20– 40 кг/м³ в час.

Актуальность темы. Современный электрический привод представляет собой конструкторское единство электромеханического преобразователя двигателя. Это технически обеспечивает преобразование электричества в механическую энергию в соответствии с эксплуатационным алгоритмом установки. Область применения электропривода в промышленности, на транспорте и в домашних хозяйствах растет с каждым днем. В настоящее время более 60% всей произведенной в мире электроэнергии потребляется

электродвигателями. Следовательно, технология энергосберегающей эффективности определяется значительным количеством эффективности электродвигателей. Поэтому основным направлением современной техники является современный высокопроизводительный, и экономически эффективный привод.

Перспектива совершенствования привода сушильного агрегата включает следующие выводы:

- доказана целесообразность разработки частотно-управляемого асинхронного электрического привода для сушильного агрегата;
- обоснован выбор рационального закона частотного управления электроприводом сушильной установки;
- получены основополагающие аналитические соотношения для частотно-управляемого электрического привода сушильного агрегата.

Практическое значение. Сушильные агрегаты работают для термического процесса удаления материала содержащейся в них влаги за счет испарения.

В промышленности сушильные агрегаты, являются главным звеном так как, в конце концов, качество масла зависит от влажности семян, поступающих в расфасовку. Введение электропривода, управляемого сушильным агрегатом, поможет снизить потребление электроэнергии. Использование электроприводных сушильных установок с электрическим приводом в практике электроснабжения показал, что установка сушильного агрегата экономически целесообразна.

Задача состоит в том, чтобы рассмотреть конструктивные особенности, выбор двигателя и преобразователя частоты и его расчет мощности, систему управления.

1 Описание технологического процесса. Свойства сырья и предварительный выбор электрического оборудования

1.1 Описание технологии производства и перспективы усовершенствования электропривода сушильного агрегата

На производстве добыча масла состоит из следующих этапов: готовность сырья; форпрессование; фильтрация сырого масла; экстракция масла из жмыха; отдельная рафинация форпрессового и экстракционного масел.

Подготовка семян на период к извлечению масла следует сортировать в соответствии с их размером, очищать от мусора и грязи. Затем необходимо разделить семена, размельчить рушанки и размельчить ядро.

Следующий шаг – это форпрессование. Форпрессование – добыча растительного масла из посыпанных и измельченных семян. В течение этого периода масла могут быть извлечены с 60% до 85%. Такой отжим называется «холодный отжим», и масло, полученное этим методом, называется сырым. Затем его фильтруют для освобождения масла от суспендированных в нем частиц.

Значение фильтрации состоит в продавливании масла через поры полупроницаемой перегородки, через которую проходит жидкая среда и не проходят большие частицы.

Жмых полученный после форпрессования отправляют на экстракцию. Основой процесса экстракции является выделение растительных масел в органических растворителях. В качестве растворителей для добычи масла из растительного сырья применяют экстракционный бензин марки «А» и нефракс.

Рафинация состоит из нескольких стадий: гидратация, нейтрализация, отбеливание, вымораживание, дезодарация.

Основной целью гидратации является удаление нерафинированного масла фосфатидов и некоторых гидрофильных веществ. Масло обрабатывается раствором фосфорной кислоты или лимона, после чего происходит разделение фаз с помощью сепараторов или емкостных устройств с перемешиванием - нейтрализаторов.

Нейтрализация состоит из процесса обработки масла щелочью для удаления жирных кислот.

Отбеливание используется для удаления различных пятен, остатков фосфатидов и мыла после щелочной нейтрализации. В качестве адсорбента, он обычно используется в качестве подкисленной активированной отбеливающей глины - природного минерального монтмориллонита.

Для удаления веществ воска используется вымораживание (винтеризация). Специальные устройства изготовлены из кристаллизатора. Во время вымораживания масло смешивается с кизельгуром или перлитом и медленно охлаждают до температуры 5-8° С, затем выдерживают в течение нескольких часов и отсылают на фильтрацию.

Дезодорация – заключительный этап. Масло, содержащееся в дезодораторе при температуре 225–260°C и 1–3 мм обрабатывают острым паром. В результате удаляются вредные вещества, пестициды, гербициды и жирные кислоты.

Сушка семян дает значительное повышение качества растительного масла, а также увеличивает время хранения на складах, так как содержание влаги в семенах более чем на 7% быстрее портит продукт. В этой связи, я считаю, необходимо ввести специальное устройство для сушки сырья в процессе производства.

Рассмотрим сушильный агрегат барабанного типа. Основным рабочим органом в барабанной сушильном агрегате является барабан в виде полых форм, стальной цилиндрический барабан. В барабанных сушилках основным рабочим органом является вращающийся пустотелый стальной цилиндр, называемый барабаном. Внутри по окружности укреплены изогнутые лопасти, которые при вращении барабана захватывают семена, находящиеся внизу, и поднимают его. По мере подъема лопастей семена ссыпается с них и распределяется по расположенным внутри барабана полочкам, которые могут иметь различную форму. При вращении барабана семена пересыпается с полочки на полочку и таким образом равномерно распределяется по всему сечению его; при этом оно пронизывается агентом сушки, движущимся вдоль барабана. Для перемещения семян вдоль барабана его устанавливают с небольшим наклоном. Движение агента сушки обычно происходит в направлении движения семян, что способствует ускорению его выхода из барабана. Барабан опирается на ролики; при небольших размерах его цапфы, укрепленные с обоих торцов, опираются на подшипники. Барабанные сушилки работают под разрежением во избежание утечки агента сушки через неплотности наружу. Со стороны поступления семян в барабан и со стороны выхода из него предусматривают скользящие лабиринтовые уплотнения, которые, не мешая вращению, в то же время препятствуют прохождению воздуха внутрь. При многократном пересыпании семян с полки на полку во время вращения барабана оно хорошо перемешивается и равномерно просушивается. Семена пробуриваются в барабане, и его сушка значительно ускоряется (в 2-3 раза), чем плотность семян в шахтной сушилке. Снижение влажности составляет 4-5% прохода одного барабана после сохранения его свойств. Объем барабанных объемов (20–25%), когда температура обезвоживания составляет 150-200°F. Испарение влаги составляет 20–40 кг/м³ в час.

Мы выбираем барабанную сушильный агрегат который показан на рисунке 1.1, где: 1 – скребковый транспортер сырого зерна; 2 – самотечная труба; 3 – барабан; 4 – вентилятор; 5 – отводящая камера; 6 – скребковый транспортер для сухого зерна; 7 – шнек; 8 – вентилятор холодного воздуха; 9 – охлаждающая колонка; 10 – шлюз. Сырые семена, поднимающиеся из самотечной трубы подают в барабан диаметром 1600 мм и длиной 8000 мм. Барабан опирается на четыре пары роликов и составляет 8 об/мин. Во время

вращения семена распределяются равномерно по секторам и полочкам внутри барабана.

Агент сушки отсасывается из смесительной камеры топки, проходит через барабан, продувая пересыпающиеся по полочкам семена, и вентилятором (на одной оси с электродвигателем) выбрасывается наружу. Семена из барабана поступают в отводящую камеру, из которой через шлюзовой затвор сыпается на скребковый транспортер и подается им на шнек, служащий для загрузки охлаждающей колонки. Излишек семян из шнека сыпается по самотечной трубе под охладитель.

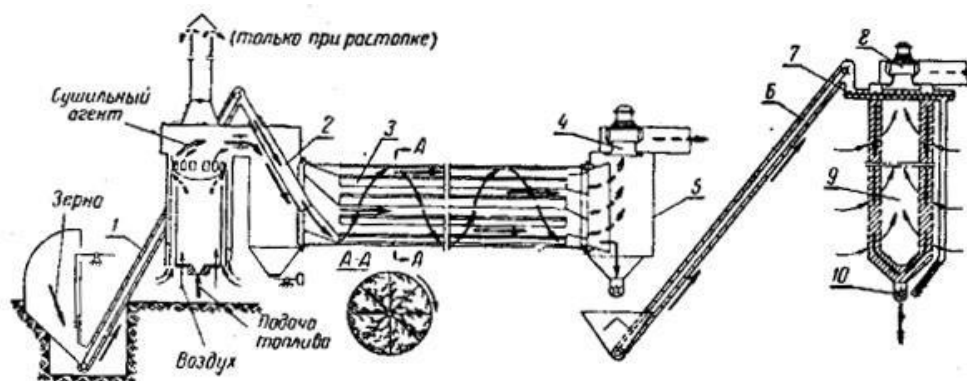


Рисунок 1.1 - Барабанный сушильный агрегат DRSB-8

Охлаждающая колонна имеет два вертикальных отверстия состоящих из перфорированных стенок. Внутренний диаметр цилиндра составляет 760 мм, наружный диаметр 1260 мм, высота колонны 2750 мм. Пространство между стенками цилиндра заполнено высушенными семенами. Атмосферный воздух проникает во внутренний цилиндр, очищая слой семян через отверстия на внешней стенке цилиндра, где вентилятор подает воздух (который также расположен на той же оси с электродвигателем). Семена удаляются шлюзовым затвором.

Топка сушилки на жидком топливе состоит из двух вертикальных цилиндров, из которых внутренний служит камерой сгорания. В нижней части ее устанавливают форсунку игольчатого типа. На дне имеется распылительная форсунка. Топливная форсунка проходит через капот и распыляется через воздух. При использовании пневматического привода вентилятор высокого давления наполняет воздух [1]. В верхней части камеры находится отражатель. Воздух поступает из нижней части круглых пространств между цилиндрами для охлаждения камеры сгорания. Этот воздух смешивается с газом из камеры сгорания. Чтобы уменьшить температуру сушилки, наружный воздух поступает в окна.

Чтобы уменьшить потерю тепла в окружающую среду и избежать ожогов обслуживающего персонала, печь огорожена цилиндрическим корпусом. Над печью установлен смесительный шкаф, на котором установлена пилотная труба. В коробке есть дверь для регулирования воздухозаборника. Демпфер для переключения агента в сушилку, а также

заслонку трубы зажигания блокируется так, что когда один из них открывается, другой закрывается.

1.2 Физико-механические свойства сырья

Необходимым физико-механическим свойством растительного сырья как объекта сушки считается сыпучесть, характеризующаяся углом натурального откоса. Определяющее сыпучесть семян подсолнечника оказывают влажность семян, оглавление сторонних примесей и их нрав, а еще плоскость, по которой передвигаются семена. Угол естественного откоса сухих семян колеблется между 27 и 35°, а влажных достигает до 42°. Эти особенности семян подсолнечника вызывают проблемы при их поточной обработке. Легковесные семена, имея завышенный коэффициент внутреннего трения, на кое-каких участках технологической схемы передвигаются медленнее, чем семена колосовых культур или же кукурузы.

Присутствие воздушной прослойки между ядром и плодовой оболочкой семян, а еще важное оглавление жира считается предпосылкой больше невысокой скорости витания семян подсолнечника, чем для зерна. В следствие этого во избежание выноса полновесных семян из коробов шахты и камеры нагрева сушильного агрегата скорость агента сушки обязана быть ниже, чем при сушке зерновых культур.

Удлиненная форма семян подсолнечника и относительно шероховатая плоскость обуславливают огромную скважистость. Так, скважистость подсолнечника колеблется в границах 60-80%, а риса 50-65, пшеницы 35-45% и кукурузы 35-55%. Значит, семечки подсолнечника, имея огромную скважистость, оказывают наименьшее противодействие при прохождении агента сушки в сушилках и сушатся скорее, чем семечки иных культур.

Гироскопичность – одно из самых важных качеств зерна, которое определяет режимы его хранения и сушки. Семена подсолнечника как капиллярно-пористых коллоидных тел характерны все формы связи в соответствии с классификацией академика Л.А.Ребиндера, разделены на химические, физико-химический и механический. В процессе сушки все их важные физические и химические свойства должны остаться, соответственно влагу удалять не нужно.

Содержание влаги в семенах подсолнечника, при которых сохраняется химическая и адсорбционная влажность, часто называют критической. Эта влажность не участвует в реальных процессах, она не может использоваться большинством микробов для поддержания их жизненно важных функций и в результате не влияет на сопротивление семян подсолнечника в процессе экономии. Следовательно, необходимо высушить семена с аналогичной влажностью, так что большинство из них остаются адсорбированной водой. Сбалансированная влажность семян подсолнечника, т.е. влажность, при

которой семечна не отдают и не съедают воду, находится в зависимости от температуры, условной влаги атмосферного воздуха, масличности.

При всех равных критериях сбалансированная влажность масличных культур в 2 раза меньше, чем зерновых. Это разъясняется наименьшим содержанием в семенах масличных культур гидрофильных коллоидов и наличием большего числа жира. С наращиванием содержания масличности в семенах сбалансированная влажность подсолнечника миниатюризируется, например, как с увеличением масличности уменьшаются оглавление гидрофильных препаратов и в соответствии с этим возрастает оглавление гидрофобных.

1.3 Технология сушки семян

Своеобразные свойства семян подсолнечника как объекта сушки, неоднородность семянки (наличие ядра, плодовой и семенной оболочек), естественная неоднородность семян по размерам, массе и влажности, низкая крепкость плодовой оболочки, влагоинерционность, низкая теплопроводность, термолабильность белковой и липидной частей системы, завышенная пожарная опасность предъявляют особые требования к способу сушки и к системы сушильных устройств. При сушке не должно ухудшаться качество и уменьшаться выход масла, не должно происходить растрескивания лузги и наращивания масличной примеси. Не допускается наращивание в процессе сушки кислотного и йодного чисел жира, метаморфоза вкусовых и пищевых плюсов подсолнечного масла.

Тепловой дренаж считается более действенным способом увеличения крепости семян подсолнечника, улучшая их качество, предохраняя их качество и предохраняя их при сбережении.

Во время сушки семян подсолнечника также важно время, необходимое для нагрева температуры. Теплопроводная проводимость для одного семени сильно отличается от теплопроводности слоя уплотнения. Для быстрого нагревания семян сушильная установка должна быть спроектирована так, чтобы нагревать семена отдельно при каждом нагревании семян. В этом случае температура обезвоживания может быть дополнительно увеличена за счет сокращения времени нагрева до нескольких секунд. Сушка семян подсолнечника при высоких температурах за меньшее время, чем высушивание при низких температурах, может быть более эффективной.

Сушка семян подсолнечника требует тщательного температурного режима. При сушке необходимо снизить минимальное потребление тепла и электроэнергии и влаги на максимальной скорости в соответствии с лучшими технологическими характеристиками высушенного вещества.

Сушка - это совокупность явлений, которые одновременно влияют друг на друга. Высушивается в сушилке перекрытие поверхности, испарение влаги, замена влаги в веществе, замена вещества на зону сушки влаги.

Использование такого или же другого метода сушки имеет возможность содействовать в одном случае совпадению направленности движения влаги как в итоге влагопроводности, например, и термовлагопроводности, а в ином случае процесс улетучивания влаги в итоге влагопроводности задерживает процесс улетучивания влаги в итоге термовлагопроводности. В первом случае процесс улетучивания влаги станет проходить важно лучше, чем во втором. Для такого дабы эти процессы улетучивания влаги совпадали по направленности, нужно, дабы жар плоскости семянки подсолнечника была ниже температуры изнутри ядра. Сушка станет важно тормозиться, когда жар плоскости семянки повыше температуры изнутри ядра.

При сушке семян подсолнечника в шахтных прямоточных сушилках появление термовлагопроводности мешает движению влаги изнутри к плоскости и напряженность струи влаги равна разнице меж интенсивностью струи влаги в итоге влагопроводности и интенсивностью струи влаги в итоге термовлагопроводности. При рециркуляционной сушке влага улетучивается как под действием процесса влагопроводности, например, и под действием термовлагопроводности.

Во время процесса сушки температура материала не равна температуре агента сушки. В течение первого периода сушки материал равен температуре увлажненного термометра, поэтому сушилка может быть модернизирована до термометра. Например, температура воздуха 200°C , а его содержание влаги составляет $0,008\text{ л / кг сырого термометра}$, а температура материала равна 47°C . Если температура воздуха повысится до 350°C , содержание влаги в увлажненном термометре повысится до 60°C .

При процессе сушки семян подсолнечника в сушильных агрегатах нужно первоначально очистить их от сорных примесей, так как они могут привести к возгоранию и засорению сушильного агрегата. Семена с высокой влажностью можно сушить в таких сушилках дважды, а иногда и в три раза. В этом случае поток обработки нарушается, и возникает проблема при работе с семенами, которые будут обработаны снова. В результате неконтролируемого движения по шахте при обработке горячим воздухом семена прогреваются неравномерно, а разница температур может достигать 10 градусов по Цельсию. Семена на дне шахты зависят от медленного движения семян. Кроме того, недостаток пропускной способности может привести к перегреву некоторых частей семян.

Рециркуляционные сушильные аппараты, в отличие от прямоточных, дают возможность высушивать семена с разной влажностью за раз цикл. Разработка сушки семечек в рециркуляционных сушильных аппаратах с камерами нагрева в падающем слое заключается в чередовании кратковременного нагрева семян в восходящем струе жаркого воздуха при температуре $250\text{-}350^{\circ}\text{C}$, отлежки нагретых семян, их замораживании и рециркуляции. При предоставленном методе в одно и тоже время с сушкой семян случается и их чистка от сорных примесей.

Преимущества вентилируемых резервуаров - их простота и длительность работы. Во время сушки мягкие режимы защищают семена подсолнечника от повреждений. Однако этот тип сушки характеризуется тем, что он чрезвычайно длиннее других видов и что сушка семян является неравномерной. Чтобы предотвратить это, вентилятор должен быть периодически отключен, а семена - должны быть тщательно очищены.

На большинстве предприятий сушильные агрегаты используются в разных режимах сушки. Они зависят от влажности семян. Чем выше содержание влаги в семенах подсолнечника, тем выше температура сушки (нагретый воздух) должна быть выше. Сушильный агрегат барабанного типа, пересыпает семена и обдувает его горячим воздухом

В начале сушки в зависимости от влажности семян температура сушильного агрегата поддерживается при температуре 250-350° С, на выходе - 50-80° С. Сушка семян подсолнечника в среднем на барабанных сушилках занимает 15-20 минут.

Сушильные агрегаты барабанного типа имеют ряд преимуществ перед другими сушилками; высококачественная сушка из-за интенсивного смешивания материалов, высокая сухость, сушка материала грязи; простота установки (нет основного оборудования для начала работы); надежность работы (удаляет застойные зоны); экономическая эффективность; низкое энергопотребление.

В связи с этим, при выборе подходящих установок сушильного агрегата, мы выбираем барабанный сушильный агрегат, характеризующийся высоким качеством и равномерной сушкой сырья.

1.4 Центробежный насос. Принцип работы и конструкция

1.4.1 Основные определения

Насос – гидравлическая машина, которая создает прямую передачу жидкости на источник питания. Центробежный насос – насос, в котором движение жидкости и необходимый напор добавляется к центробежной силе, которая возникает, когда лопасти движутся при воздействии колеса на жидкость. Насосный агрегат – насос в совместном производстве с электрическим и передаточным механизмом (соединитель, продукт, шкив и т. Д.). Насосная установка – комплекс оборудования, обеспечивающий работу насосов в нужном режиме и состоящий из одного вида или нескольких агрегатов, и контрольной-измерительной аппаратуры, так же аппаратуры управления или защиты. Насосная станция – это система, в которой установлены один или несколько необходимых установок, а также система электроснабжения, вспомогательные механизмы и системы, бытовые и производственные помещения, обеспечивающие производство объекта.

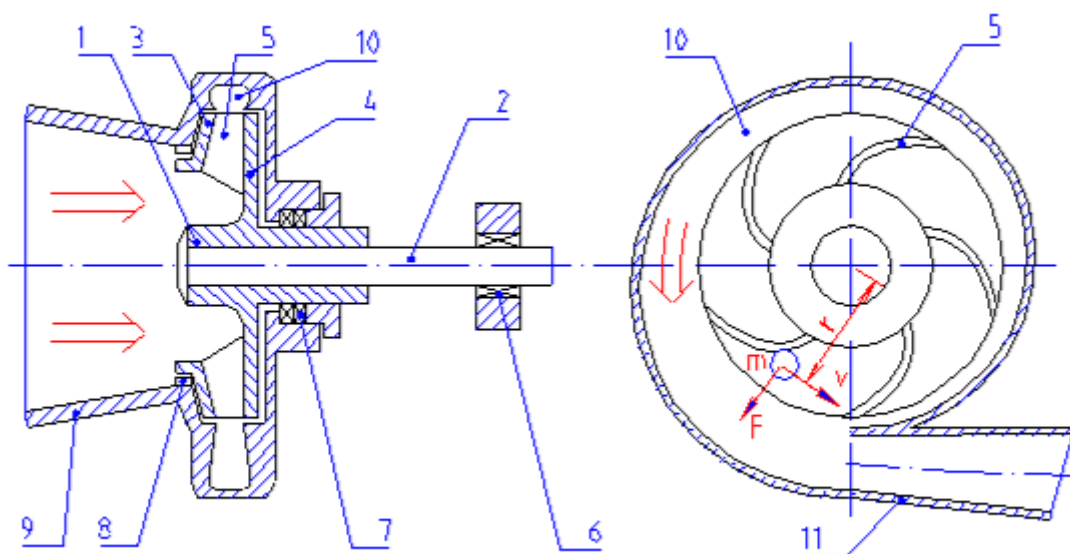
1.4.2 Принцип работы и конструкция центробежного насоса

Внутри мобильного корпуса, который имеет общую конструкцию, имеется рабочее колесо 1, которое является основным рабочим центром

центробежного насоса. Он цепляется за землю. 2. Собирает с двух дисков (3 и 4 позже), между которыми имеются лепестки 5, плавно согнутые в промежность, что противоположно направлению вращения ситца. Лопастей соединяет диски в одном дизайне. Внутренние поверхности дисков и поверхность плеч образуют такие переплетающиеся каналы колеса, которые заполняются полупрозрачной жидкостью при накачке. Ротор поднимается в подшипниках 6. Между движущимися и неподвижными частями имеются уплотнения 8 для уменьшения внутренних трещин и уплотнения 7 для уменьшения утечек из насоса. При вращении колеса на каждом проходе жидкости (магнитном), который происходит в межслоевом канале от оси вала и движущегося цикла, будет центробежная сила:

$$F = \frac{m * v^2}{r} \quad (1.1)$$

Центробежная энергия передает жидкость на периферию, где создается высокое давление, а в центре колеса происходит разделение. Благодаря этому давлению жидкость подается в объемную трубу. Таким образом, в носу наблюдается непрерывный процесс ликвидности.



1 - колесо, 2 - вал, 3 - передний диск, 4 - задний диск, 5 - лопасти, 6 - подшипники, 7 и 8 - уплотнения, 9 - подвод, 10 - спиральный отвод, 11 - напорный патрубок.

Рисунок 1.2 – Схема центробежного насоса

Для отвода жидкости в корпусе насоса имеется расщепляющая спиральная камера (в форме куда поступает жидкость из колеса). Спиральная камера (этап 10) переходит в быстрый диффузор, образуя салфетку 11, соединенную вместе, как правило, объемной трубой. Центробежные насосы являются одной из наиболее широко дисперсных форм динамической

гидравлики. Они, как правило, широко применяются в системах водоснабжения в энергетике в промышленности в авиационной пакетной и технологии и др. На рисунке 1.2 покажем преимущества центробежной индукции по отношению к природе других типов: - многие характеристики $N = f(Q)$ и $\eta = \eta(Q)$, что позволяет сохранять высокие значения N и эффективность в широкий диапазон Q ; - большая скорость вращения и, как правило, необходимость использования электродвигателей и турбин; - плавная форма изменяет мощность N , что позволяет увеличивать шайбу насоса. Плавный поток переходных процессов в процессе изменения режима работы гидравлической системы; - расположение насоса над уровнем жидкости в подающем контейнере; изменение индикаторов насосов N , Q , η из-за различных факторов: поворот диаметра рабочего колеса, изменение скорости вращения, изменение частоты подачи питания и т. д.; - низкая стоимость насоса из-за использования относительно дешевых строительных материалов в конструкции насоса: сталь, чугун, полимерные материалы; - простота в эксплуатации и техническом обслуживании; - высокая надежность работы; - большой поток жидкости Q ; - равномерный поток жидкости с небольшими пульсациями давления; возможность работать на «загрязненных» жидкостях. Неконтролируемый частотой вращения крыльчатки, ЦН имеет ряд недостатков: - они требуют отливки перед толкателем; - имеют клетку для кавитации; - имеют пониженное значение эффективности при преобразовании вязких жидкостей; - имеют небольшое значение эффективности при низкой жидкости Q и большем значении N и N_p . Эффективность насоса зависит от коэффициента скорости n_s , режима работы, конструктивной производительности. При оптимальном режиме работы эффективность больших нагрузок может составлять 0,92, а малые - около 0,60-75.

1.4.3 Области применения и особенности режимов работы центробежных насосов

Предназначение центробежный насос включает в себе осуществление перекачки жидкостей в производственно-хозяйственной сфере, в системах отопления. В то же время в случае переплавляемого материала могут быть получены такие жидкости, в которых не поддерживаются несвязанные минеральные масла, длинные стерильные, твердые и абразивные включения. Центробежный насос, которые оказывают необщую стеклянную сливания и спиральный насос, используются в промышленных системах циркуляции и водяного оборота, в системах кондиционирования и отоплении, охлаждении и снабжении, в технологических операциях. Основными особенностями центробежный насос для воды являются вертикальные, вакуумные и центробежные силы высокого давления. Центробежный насос для воды может быть, как домашним, так и промышленным в зависимости от сферы их применения. С этими устройствами существуют такие положительные характеристики, как высокое качество продукции и надежность. Центробежный насос можно также использовать для перекраски жидкостей, которые не страдают от химической агрессии. По обозначению,

сотрудничеству режимов работы и требованиям к регулированию специальные программы центробежных действий можно разделить на четыре основные группы. а) Аварийные системы водоснабжения и канализации, используемые в системе жилищно-коммунального хозяйства (жилищно-коммунального хозяйства) и на промышленных предприятиях, выбираются в целом в соответствии с техническими условиями (подача, напор). Аналитическая система снабжения, представленная, показала, что в середине физический напор во внутренних системах превышает значение, требуемое в 2,2 раза. Чрезмерное давление вызывает не только электричество, но и воду от непреднамеренных утечек в сети и от потребителя, что вызывает необходимость регулирования исходящих параметров центральной станции. Жилищно-коммунальные услуги интегрируются в местную экономику. Преимуществом данной группы, как потребителя электричества, четко обозначены утренние и вечерние пики нагрузки, а также их отдельные. Неравномерность потребления воды и ее капитализация требуют контроля над давлением в так называемых сетевых точках сети, предоставлении аварийных служб или уровне в водохранилищах и получающих резервуарах. Очевидно, что вышеуказанные задачи могут быть решены только путем автоматизации местных объектов на основе современных объектов

1.5 Выбор электропривода механизма и предварительный расчет мощности электрического двигателя

Высушенное сырье относительно несимметрично относительно центра поперечного сечения печи, поэтому оно работает непрерывно в противоположном направлении вращения барабана. Моменты силы массы материала G_m (рисунок 1.3). Следовательно, мощность, необходимая для подъема материала, может быть рассчитана с помощью этих характеристик.

Чтобы определить эффективное потраченную мощность, необходимо знать количество материала внутри барабана или среднюю площадь его секции, объемную массу материала и угол естественного откоса во время движения.

Пока материал перемещается по барабану, его физические свойства изменяются непрерывно и у теплообменников, если каждая часть тела барабана состоит из разных диаметров, материал накапливается на своем пороге, теоретически определяя среднюю скорость и площадь сечения движения, возникают некоторые трудности. Для этой цели предлагаемые уравнения различны, а решения расчетов не отличаются от требуемой точности.

Поэтому мы получаем практические результаты для извлечения уравнения, описанного ниже, для определения потенциала прочности материала.

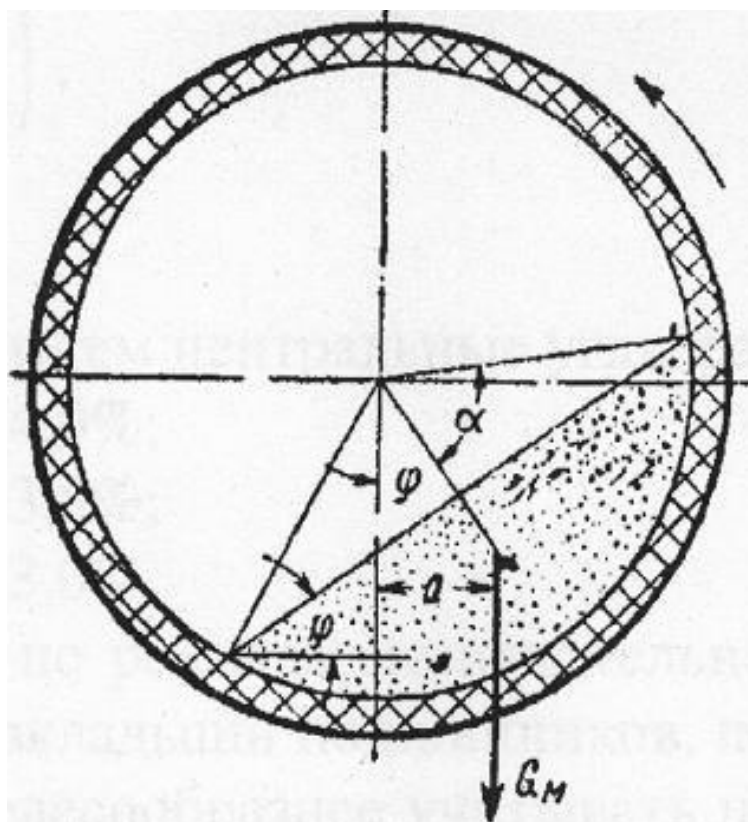


Рисунок 1.3 - Схема расположения сырья в барабане

Суммарная потребляемая мощность барабана определяется той же длиной, что и биметрия тела. Если каждый корпус имеет другой диаметр, потребляемая мощность рассчитывается отдельно для каждой зоны, и используется общее накопленное значение.

Коэффициент трения подшипников с непрерывной подачей картерного типа, бронзы и поперек, составляет 0,02-0,04. Учитывая угол трения качения бандажей по роликам эти значения должны быть увеличены до 0,03-0,06.

Эффективность блока учитывается при расчете потребляемой мощности для преодоления трения в приводном механизме и уплотнительных устройствах. Его размер зависит от конструкции, надежности и работоспособности приводного механизма, а в среднем для закрытых жалюзи - 0,9, для смешанных и открытых механизмов - 0,8.

При определении важной мощности для вращения барабана в расчетное уравнение подставляют обычное количество оборотов. Но при эксплуатации тамбур нередко вертится с завышенным количеством оборотов, на собственно, что потребуется и завышенная мощность. В момент запуска барабана еще важна мощность повыше обычной на преодоление силы инерции вращающегося барабана. Беря во внимание это, мощность электродвигателя барабана идет по стопам избирать на 20—25% выше той, которая ориентируется по уравнению. Используя формулы, выполняем расплата мощности электродвигателя. Мощность важная для запуска электродвигателя предусматривается без массы семян.

Определение мощности, необходимой для запуска двигателя, рассчитывается без учета веса семян.

Принимая во внимание инерционную мощность барабана, которая на 20-25% выше рабочей мощности, мы получаем мощность двигателя.

Выбираем трехфазный асинхронный двигатель серии АИР 160S6 мощность – 11 кВт, синхронная скорость вращения – 1000 об/мин, скольжение – 3%. С учетом скольжения номинальная частота вращения $n_{ном}=970$ об/мин. Переменной количества пар полюсов и с поддержкой редуктора мы изменяем частоту вращения двигателя

Модернизация заключается в использовании передового частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) сушильного агрегата (ИО) произведено из асинхронного или же синхронного электронного двигателя (М) и преобразователя частоты (ПЧ) (рисунок 1.4).

Электродвигатель преобразует электрическую энергию в механическую энергию и управляет исполнительным органом технологического механизма.

Преобразователь частоты управляет электрическим двигателем и является электронным статическим устройством. Выходное напряжение преобразователя формирует на выходе электрическое напряжение с переменной амплитудой и частотой.

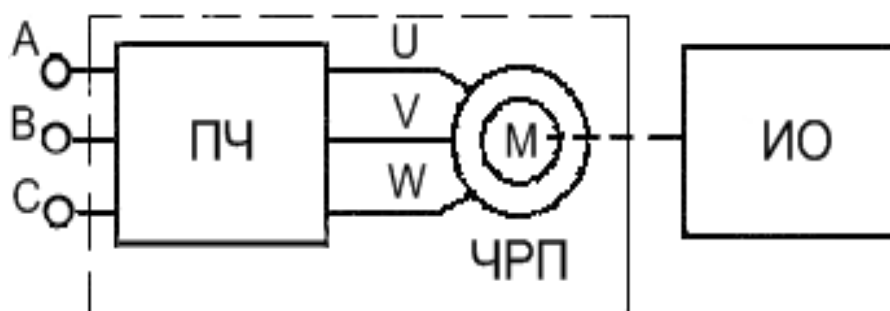


Рисунок 1.4 - Структурная схема предлагаемого частотно-регулируемого привода

Частотно – регулируемый электропривод (ЧРП) означает, что частота вращения двигателя регулируется путем изменения частоты источника напряжения питания, подаваемого на двигатель, из преобразователя частоты.

В течение последних 10 – 15 лет использование частотных регуляторов широко и эффективно использовалось для решения различных технологических проблем в любой отрасли мира. Это в первую очередь связано с созданием и развитием биполярных транзисторных преобразователей частоты с ЧРП, который основан на принципиально новой элементной базе.

Областями применения являются металлургия (например, роликовые подшипники), текстильная промышленность, изготовление станков (например, электрические ограждения и металлорежущие станки), центрифуги, электроприводы для вентиляторов и насосов и т.д.

Иностранные фирмы, в том числе Siemens, Fanyk, ABB и другие широко используют частотное управление для вентиляторов, насосов в горизонтальных и вертикальных роботах – транспортерах. Американские и английские фирмы широко используют частотное регулирование в нефтяной и газовой промышленности. Используются и централизованные приводы с преобразователями.

При последующих рассуждениях будем говорить о трехфазном частотно – регулируемом электроприводе, например, как он содержит наибольшее промышленное использование.

В синхронном электронном движке частота вращения ротора n_2 в установившемся режиме равна частоте вращения магнитного поля статора n_1 .

В асинхронном электронном движке частота вращения ротора n_2 в установившемся режиме выделяется от частоты вращения n_1 на значение скольжения s .

Частота вращения магнитного поля n_1 находится в зависимости от частоты напряжения питания. При питании обмотки статора электронного мотора трехфазным напряжением с частотой f создается крутящееся магнитное ф.н. Скорость вращения сего поля ориентируется по знакомой формуле:

$$\omega = \frac{2\pi f}{p} \quad (1.2)$$

где p – число пар полюсов статора. Переход от скорости вращения поля ω_1 , измеряемой в радианах, к частоте вращения n_1 , выраженной в оборотах в минуту, осуществляется по следующей формуле:

$$n_1 = \frac{60}{2\pi} * \omega_1 \quad (1.3)$$

где 60 – коэффициент пересчета размерности. Подставив в уравнение (1.3) скорость вращения поля, получим:

$$n_1 = \frac{60f}{p} \quad (1.4)$$

Отсюда следует что, мы видим, что скорость вращения синхронных и асинхронных двигателей зависит от частоты источника напряжения питания.

При такой зависимости мы корректируем частоту вращения ротора, изменяя частоту f на входе в двигатель с помощью преобразователя.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором с характерным регулятором частоты основан на скалярном и векторном регуляторе.

В наиболее популярном частотно - регулируемом приводе на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором используются скалярное и векторное частотное управление.

1.6 Анализ по разделу и назначение задач на проект

При вращении правильно собранного и нормально работающего барабана мощность его приводного электродвигателя расходуется в большей мере на полезную работу: подъем материала на определенную высоту, сползая с которой, он перемешивается и постепенно перемещается к разгрузочному концу, и в меньшей мере – на преодоление вредных сопротивлений. Опасность скольжения между поверхностями опорных роликов и подшипников, трение трения над опорными кольцами, трение приводного механизма и трение краев камеры барабана на удерживающих поверхностях уплотнительных устройств.

Я считаю целесообразным спроектировать барабанный сушильный агрегат с разными режимами сушки, зависящими от влаги сырых семян. Жар сушильного агента (нагретого воздуха) при данном обязана быть так повыше, как повыше влажность семян подсолнечника. Высушивание семечек в сушилках барабанного типа выполняется в пересыпающемся слое семян, при его продуве жарким воздухом. В начале сушки в зависимости от влажности семян температура сушилки поддерживается при температуре 250-350° С, на выходе для сушки – 50-80 С. Сушка семян подсолнечника в среднем на барабанных сушилках продолжается 15-20 минут.

Сушильные агрегаты барабанного типа имеют ряд преимуществ перед другими сушилками; высококачественная сушка из-за интенсивного смешивания материалов, высокая сухость, сушка материала грязи; простота установки (нет основного оборудования для начала работы); надежность работы (удаляет застойные зоны); экономическая эффективность; низкое энергопотребление.

В этой связи в данной работе необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- выбрать тип электрического механизма и произвести расчет мощности электрического двигателя, а также выполнить расчет редуктора сушильного агрегата;
- расчет статического режима электропривода;
- расчет динамического режима электропривода;
- выбрать преобразователь частоты и контроллер;
- разработка функциональных и структурных схем частотных регулируемого электропривода;
- исследование системы управления электрическим приводом сушильного устройства в среде Matlab.

2 Расчет режимов частотно-регулируемого электрического привода и составление структурной и функциональной схемы

2.1 Выбор типа электрического механизма. Расчет мощности электродвигателя сушильного агрегата

При повороте правильно разработанного и функционирующего барабана мощность двигателя электропривода расходуется на полезную работу: подъем материала на конкретную высоту, сползая с которой, он перемешивается и понемногу переезжает к разгрузочному концу, и в наименьшей мере – на преодоление вредоносных сопротивлений.

К вредоносным сопротивлениям относится трение скольжения между поверхностями цапф опорных роликов и вкладышей подшипников, трение качения бандажей по опорным роликам, трение в приводном механизме и трение концов корпуса барабана о плоскости подробностей уплотнительных приборов.

Потребная мощность на вращение барабана можно определить по формуле:

$$N_n = \frac{1}{\eta} * (N_1 + N_2) \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

где N_1 – мощность, расходуемая на подъем материала;

N_2 – мощность, расходуемая на преодоление трения в подшипниках опорных роликов и трения бандажей по опорным роликам;

η – коэффициент, учитывающий мощность, которая расходуется на преодоление трения в приводном механизме и в уплотнительных устройствах.

Просушиваемое сырьё находится не симметрично сравнительно вертикали, проходящей сквозь середина сечения печи, в следствие этого он вызывает каждый день деятельный и направленный в сторону, обратную вращению барабана, момент силы G_M веса материала. Плечом данной силы, а считается расстояние от центра тяжести материала до вертикали, проходящей сквозь середина сечения барабана. Значит, мощность, важная для взлета материала, равна:

$$N_1 = \frac{1000 * G_M * v_0}{102}, \quad (2.2)$$

Или

$$N_1 = \frac{1000 * F_M * LY_M * v_0}{102}$$

где F_M — площадь сечения материала (кругового сегмента) в м²;

L — длина корпуса в м;
 Y_M — объемный вес материала в т/м³,
 v_0 — окружная скорость центра тяжести площади сечения материала в м/сек.

Важно знать количество материала в барабане для определения полезного потребления энергии для данного уравнения или знать его среднюю площадь сечения, объемную массу материала и естественный угол угла, на котором он перемещается.

По мере продвижения материала по барабану его физические свойства постоянно меняются и в теплообменниках, если каждая часть тела барабана состоит из разных диаметров, материал накапливается на своем пороге, теоретически определяя среднюю скорость, а часть движения связана с большими трудностями. Для этой цели предлагаемые уравнения различны, а решения расчетов не отличаются точностью.

Поэтому для получения необходимой силы для материала мы получаем практические результаты, полученные для уравнения, описанного ниже:

коэффициент заполнения барабана материалом $k^3 = 0,25$.

средний объемный вес материала $Y_M = 0,47$ т/м³;

угол естественного откоса материала (семена подсолнечника) при движении $\varphi = 42^\circ$.

Например, площадь сечения материала в барабане по форме считается радиальным сектором, окружная скорость его центра тяжести при вращении равна:

$$v_0 = \frac{\pi * n}{30} * \frac{2}{3} * \frac{R_{CB}^3 * \sin^3 * a}{k_3 * \pi * R_{CB}^2} * \sin\varphi \quad (2.3)$$

Неведомой величиной в приведенном уравнении считается только угол a , одинаковый половине центрального угла, опирающегося на хорду радиального раздела, его возможно отыскать из уравнения:

$$F_M = \frac{R_{CB}^2}{2} * \left(\frac{\pi * 2a}{180} - \sin 2a \right) \quad (2.4)$$

эта величина выражает площадь кругового сегмента. Подставляя в это уравнение вместо F_M принятую для нее числовую величину, соответствующую коэффициенту заполнения $R = 0,25$, получаем выражение:

$$0.25 * \pi * R_{CB}^2 = \frac{R_{CB}^2}{2} * \left(\frac{\pi * 2a}{180} - \sin 2a \right)$$

(2.5)

$$0.25 * 3.14 * 0.8^2 = \frac{0.8^2}{2} * \left(\frac{3.14 * 2a}{180} - \sin 2a \right)$$

Откуда при $a=65^\circ$

$$v_0 = \frac{3.14 * 8}{30} * \frac{2}{3} * \frac{0.8^2 * \sin^3 * 65^\circ}{0.25 * 3.14 * 0.8^2} * \sin 42^\circ$$
(2.6)

При $v_0 = 0,283$

$$N_1 = \frac{1000 * 0.5024 \text{ м}^2 * 8 \text{ м} * 0,47 \frac{\text{Т}}{\text{М}^3} * 0,283 \text{ м/с}}{102} = 5,24 \text{ кВт}$$
(2.7)

Трение качения бандажа по роликам не слишком заметно по сопоставлению с трением скольжения цапф роликов о вкладыши подшипников, в следствие этого нет надобности его вычислять порознь, а целесообразнее принимать во внимание увеличением коэффициентом трения скольжения.

За это время мощность, важная на преодоление трения в подшипниках роликов и бандажей о ролики, имеет возможность быть найдена из уравнения:

$$N_2 = \frac{P_{\text{тр}} * v_{\text{ц}}}{102} \text{ кВт}$$
(2.8)

Сила трения и окружная скорость цапф соответственно равны:

$$P_{\text{тр}} = \frac{100_{\text{тр}} f G}{\cos 30^\circ} = 1155$$
(2.9)

$$v_{\text{ц}} = \frac{\pi * r_{\text{ц}} * n}{30} * \frac{D_{\text{с}}}{D_{\text{р}}}$$
(2.10)

Подставив в уравнение (2.6) приведенные значения для силы трения $R_{тр}$ окружной скорости цапфы v и произведя сокращения, имеем:

$$N_2 = 1.19 f r_{ц} G n \frac{D_6}{D_p} \quad (2.11)$$

где f - коэффициент скольжения между цапфами роликов и вкладышами подшипников;

$r_{ц}$ — радиус цапф роликов в м;

n — число оборотов барабана в минуту;

D_6 — диаметр бандажей в м;

D_p — диаметр опорных роликов в м;

$G = (G_1 + G_2)$ — общий вес вращающейся части барабана в т.

$G_1 = 8$ тонн — вес барабана

$G_2 = 1,9$ тонны — вес сырья в барабане.

По данной формуле корпус определяет безоговорочную мощность, нужную для вращения всего барабана буквально по диаметру. В случае если диаметр неравномерен, потребляемая мощность рассчитывается порознь для всякой зоны, и общее значение добавляется друг к другу.

Коэффициент трения подшипников с непрерывной подачей картерного типа, бронзы и поперек, составляет 0,02-0,04. Учитывая угол бурения вдоль прокатного стана, значения должны быть увеличены до 0,03-0,06.

Эффективность блока учитывается при расчете потребляемой мощности для преодоления трения в приводном механизме и уплотнительных устройствах. Его размер зависит от конструкции, надежности и работоспособности приводного механизма, а в среднем для закрытых типов - 0,9, для смешанных и открытых механизмов - 0,8.

При определении мощности, необходимой для вращения барабана, он получает нормальное число оборотов в качестве уравнения расчета. Но в контексте барабанного приложения он часто работает с очень высокой скоростью и требует высокой мощности.

Запуск барабана требует дополнительной мощности, а вращение барабана предназначено для обеспечения инерции. Учитывая эту ситуацию, при выборе мощности барабанного двигателя вам нужно выбрать более 20-25% значений, которые рассматриваются уравнением.

Мы вычисляем мощность двигателя по формуле:

$$N_1 = \frac{1000 * 0.5024 \text{ м}^2 * 8 \text{ м} * 0,47 \frac{\text{Т}}{\text{М}^3} * 0283 \text{ м/с}}{102} = 5,24 \text{ кВт} \quad (2.12)$$

Далее определяем мощность трения барабана на роликах и бандажах. Мощность трения барабана на роликах и бандажах соответственно будет равна:

$$N_2 = 1,19 * 0,03 * 0,1м * 9,9т * 8м * 5,7м = 1,611 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

Общая мощность:

$$N_n = \frac{1}{0,845} (5,24\text{кВт} + 1,611\text{кВт}) = 8,08\text{кВт} \quad (2.14)$$

Мощность нужная для пуска электрического двигателя, учитывается без массы семян N_n -мощность пустого барабана равна:

$$N_n = \frac{1}{0,845} * 5,24 = 6,2 \quad (2.15)$$

Учитывая и инерционную мощность барабана, которая должна быть на 20- 25% выше рабочей мощности, окончательно получаем:

$$N_{\text{двиг}} = 8.08 * 1.2 = 9.7 \text{ кВт} \quad (2.16)$$

Выбираем трехфазный асинхронный двигатель серии АИР 160S6 мощность – 11 кВт, синхронная скорость вращения – 1000 об/мин, скольжение – 3%.

С учетом скольжения номинальная частота вращения $n_{ном}=970$ об/мин. Технические характеристики двигателя АИР 160S6 представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики двигателя АИР 160S6

Электродвигатель	Мощность, кВт	Об/мин	Ток при 380В, А	КПД, %	Коэффициент мощности	п/И н	Мп/ Мн	Мmax/ Мн	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг
АИР160S6	11	970	24,5	87,5	0,78	6,5	1,7	2,1	0,07	125

Определение вращательного момента ведущей оси. Момент вращения в барабане:

$$B = \frac{9550 * N}{n} \quad (2.17)$$

$$M_B = \frac{9550 * 8,08}{8} = 9,645 \text{ Н/м.}$$

Время вращения кругового вала:

$$M_{ш} = \frac{M_B}{\eta_1 * i_{ц}} \quad (2.18)$$

где $i_{ц}$ - передаточное число зубчатой передачи, принимаем; $i_{ц}=10$, $\eta_1=0,94 \div 0.96$ - КПД цилиндрической передачи, принимаем $\eta_1=0,95$

В численном значении получаем:

$$M_{ш} = \frac{9.645.5}{0.95 * 10} = 1015.3 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Вращающий момент на первичном валу редуктора (на валу электродвигателя) M_{n1}

$$n1 = \frac{M_{ш}}{\eta_1 * i_p} \quad (2.19)$$

$$M_{n1} = \frac{1015.3}{0.95 * 12} = 89,1 \text{ Н/м}$$

Вращающий момент пустого барабана равен:

$$M_{п} = \frac{9550 * N_{п}}{n} \quad (2.20)$$

$$M_{п} = \frac{9550 * 6,2}{8} = 7401,3 \text{ Н/м.}$$

Вращающий момент на первичном валу редуктора (на валу электродвигателя): - коэффициент передачи шестерни и редуктора = 120; $M_{п}$ пустого барабана равна 68,35 Н/м.

2.2 Кинематические расчеты

Определение общего передаточного отношения барабана к дренажному устройству, приводящее к кинетическому расчету барабана от электродвигателя до ведущей точки привода;

Определение общего передаточного отношения всех кинематических цепей между отдельными механизмами передачи, которые образуют схему; Определение структурных параметров редуктора барабанной суши; Определение скорости вращения валов передач кинематической цепи.

Определение передаточного числа привода.

Кинематическая схема привода показана на рисунке 2.1. где: 1- электродвигатель; 2,4 - муфты; 3 - редуктор; 5 - передача под калиткой; 6 – венцовая шестеренка; 7 - барабан.

Соотношение общего передаточного отношения привода определяется по следующей формуле:

$$i = \frac{n_{\text{НОМ}}}{n_{\text{Б}}} \quad (2.21)$$

где $n_{\text{Б}}=8$ мин-1 - частота вращения барабана:

$$i = \frac{970}{8} = 121,25$$

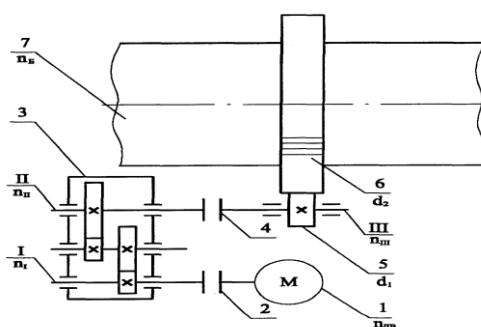


Рисунок 2.1 - Кинематическая схема привода

2.3 Обзор схем и принципов управления преобразователями частоты с промежуточным звеном постоянного тока

Переход от нерегулируемого электропривода в насосах к регулируемому является очевидной и преобладающей тенденцией. Преимущества регулируемого электропривода-повышение качества обслуживаемого технологического процесса, экономия электроэнергии до 30% (в насосах до 50%), снижение износа механического оборудования за счет «мягкой динамики» и прочего- были известны и ранее, однако его широкое коммерческое применение сдерживалось отсутствием необходимой элементной базы [2]. Радикальные изменения начались в начале 2000-х годов: осознание необходимости в регулируемом электроприводе сопровождалось

разработкой новых технических средств, необходимых для его коммерчески оправданного осуществления, силовых полностью управляемых полупроводниковых ключей (транзисторов) и эффективных средств управления ими. Успехи силовой и информационной электроники громадные инвестиции в эту сферу в зарубежных странах оказали революционное влияние, в первую очередь, на массовый асинхронный электропривод: на рынке появились доступные и весьма эффективные преобразователи частоты (ПЧ) для работы с короткозамкнутыми асинхронными электродвигателями массовых серий.

Первые образцы частотно-управляемого асинхронного электропривода были построены на тиристорах с емкостными схемами коммутации. ПЧ в этих электроприводах были построены на схеме тиристорный управляемый выпрямитель-емкостной либо индуктивный накопитель энергии-инвертор. При использовании емкостного накопителя энергии-конденсатора значительной емкости-инвертор формировал на выходе напряжение прямоугольной формы, длительность которого зависела от примененного алгоритма включения тиристоров. Применялись 120, 150, 180-градусные схемы управления. Функция регулирования амплитуды выходного напряжения возлагалась на управляемый выпрямитель. В случае необходимости рекуперации энергии в сеть параллельно выпрямителю устанавливался ведомый сетью инвертор. ПЧ, управляющий выходными частотой и амплитудой напряжения, получил название преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения (ПЧ с АИН).

Данный принцип управления тиристорами использовался и в преобразователях частоты с автономным инвертором тока (ПЧ и АИТ), управляющих выходными частотой и амплитудой тока и позволяющих без применения дополнительных элементов в схеме силовой части ПЧ реализовать режим рекуперативного торможения в ПЧ с АИТ вместо фильтрующего конденсатора в промежуточное звено постоянного тока включался сглаживающий дроссель значительной индуктивности. Для построения инверторной в ПЧ с АИТ широко применялась схема с «отсекающими диодами». В качестве управляемых выпрямителей в данных ПЧ использовались традиционные тиристорные выпрямители

Резко несинусоидальное выходное напряжение и ток приводило к неравномерности вращения ротора электродвигателя, особенно при низких скоростях и малых моментах инерции приводного механизма, а иногда и возникновению шагового режима, когда двигатель вращается остановками. Высокое содержание высших гармоник в выходном напряжении и токе приводило к значительным потерям на нагрев. Кроме того, ПЧ с АИН данного типа имели низкое быстродействие по причине влияния конденсатора на скорость изменения выходного напряжения.

Более совершенными являются ПЧ, выполненные по схеме неуправляемый диодный (НВ) или управляемый тиристорный (УВ) выпрямитель – емкостной или индуктивный накопитель энергии - инвертор с

широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). В ПЧ с АИН функция формирования как частоты, так и амплитуды выходного напряжения полностью выполняется инвертором, что позволило значительно повысить качество выходного напряжения и тока. Использование неуправляемого выпрямителя позволило значительно повысить коэффициент мощности ПЧ с АИН. Кроме того, за счет исключения емкостного фильтра из контура автоматического регулирования значительно повысилось быстродействие ПЧ с АИН как элемента системы автоматического управления. Использование ШИМ в ПЧ с АИН позволило значительно повысить качество выходного тока. На начальном этапе развития ПЧ данного типа для построения инверторов использовались тиристоры. Их емкостные схемы выключения ограничивали несущую частоту ШИМ с величиной порядка 500 Гц.

Существует широкий ряд алгоритмов управления автономными инверторами, основанными на применении ШИМ. Некоторые из них используются как в ПЧ с АИН, так и в ПЧ с АИН, есть и алгоритмы, специфичные для каждого из видов автономных инверторов. Существует несколько видов алгоритмов ШИМ: - синусоидальная ШИМ; - трапецеидальная ШИМ; - ШИМ с выборочным исключением гармоник; - ШИМ с минимальными пульсациями тока; - векторная ШИМ; - ШИМ с гистерезисными регуляторами тока; - синусоидальная ШИМ с непосредственным контролем тока.

Принцип действия широко используемой в ПЧ с АИН синусоидальной ШИМ основан на сравнении модулирующего сигнала с несущим сигналом треугольной формы. Изменение состояния полупроводниковых ключей происходит в момент равенства этих сигналов. Алгоритмы синусоидальных ШИМ классифицируются по форме модулирующего сигнала. В случае непрерывной ШИМ кривые модулирующего и несущего сигналов пересекаются в течении одного периода несущей частоты ШИМ. В случае прерывистого алгоритма ШИМ имеют место ситуации, когда силовые ключи не меняют своего состояния в течении $1/3$ периода частоты выходного напряжения, что снижает частоту коммутации силовых ключей и, как следствие, снижает потери в преобразователе. Выделяют три наиболее известных алгоритма непрерывной ШИМ. В первом алгоритме модулирующий сигнал представляет собой синусоиду с амплитудой, равной амплитуде несущего сигнала и добавление сигнала нулевой последовательности отсутствует (SPWM). Два других отличаются от вышеуказанного добавлением в модулирующий сигнал нулевой последовательности, представляющего собой синусоиду с утроенной частотой и амплитудой, равной соответственно $1/6$ (THIPWM $1/6$) и $1/4$ (THIPWM $1/4$) от амплитуды первой гармоники модулирующего сигнала. Прерывистых алгоритмов ШИМ выделяют шесть. Они обозначаются как DPWMMAX, DPWMMN и DPWM. Помимо разницы в форме модулирующего сигнала существует классификация алгоритмов ШИМ по коэффициенту модуляции по частоте-отношению несущей частоты ШИМ к частоте огибающей выходного

напряжения [3]. По этому критерию алгоритмы ШИМ делятся на синхронные и асинхронные. Реализация синхронной ШИМ подразумевает обеспечение постоянства коэффициента модуляции по частоте. В случае трехфазных АИН коэффициент модуляции по частоте должен быть нечетным и кратным трем. Асинхронный алгоритм ШИМ использует постоянную величину несущей частоты ШИМ независимо от частоты огибающей выходного напряжения. При формировании данного алгоритма ШИМ используется более простая схема управления, чем при синхронной ШИМ. Тем не менее, непостоянство коэффициента модуляции по частоте приводит к возникновению субгармоник в выходном напряжении. Уровень субгармоник выходного напряжения снижается с увеличением коэффициента модуляции по частоте и при величине его более 20 уровень субгармоник в выходном напряжении АИН снижается до достаточно малых значений.

Трапецеидальная ШИМ широко используется для формирования выходного тока АИТ. Выходной ток в течении $1/6$ периода положителен и равен по модулю току промежуточного звена, в течении другой $1/6$ периода отрицателен и также равен по модулю току промежуточного звена, а в течении оставшихся $4/6$ периода формируется методом сравнения двух сигналов ШИМ по аналогии с синусоидальной ШИМ с той разницей, что модулирующий сигнал имеет форму трапеции, а несущая частота ШИМ жестко связана с выходной частотой.

Метод выборочного исключения гармоник применяется как для формирования выходного напряжения ПЧ с АИН, так и для формирования выходного тока ПЧ с АИТ. Если рассматривать этот метод применяя его к АИТ, то, как и при использовании трапецеидальной ШИМ, в течении $2/6$ периода выходной ток (или напряжения с в случае с АИН) не модулируется и равно по модулю току промежуточного звена (или напряжения при АИН). Модуляция в оставшиеся $4/6$ периода реализуется по заранее рассчитанным углам, которые рассчитываются из условия подавления нескольких, обычно от одной до четырех, высших гармоник низкого порядка-пятой, седьмой, одиннадцатой или тринадцатой. Количество используемых предварительно рассчитанных углов зависит от числа подавляемых гармоник. Реализация данного алгоритма требует микропроцессорного управления, что связано с необходимостью хранить в памяти таблицы углов переключения. Тем не менее, данный алгоритм имеет значительно меньшую частоту переключения силовых ключей по сравнению с синусоидальной ШИМ, что делает его привлекательным для гибридных алгоритмов ШИМ, где при низких частоте и напряжении используется синусоидальная ШИМ (или трапецеидальная в ПЧ с АИТ), а в области высоких частот-ШИМ с выборочным исключением гармоник.

ШИМ с минимальными пульсациями тока (minimum ripple current PWM) является дальнейшим развитием принципа ШИМ с выборочным исключением гармоник. Если при применении принципа ШИМ с выборочным исключением гармоник уровень определенного ряда гармоник снижался до нуля, а уровень

гармоник более высокого порядка являлся величиной неконтролируемой, то при применении принципа ШИМ с минимальными пульсациями тока углы коммутации силовых ключей рассчитываются заранее исходя из снижения, действующего значения токов высших гармоник в целом. Качество выходного тока или напряжения, напрямую зависящее от числа предварительно рассчитанных углов коммутации, определяется возможностями системы управления работать в реальном времени с большим объемом информации в памяти.

Векторная ШИМ очень широко используется и, как и метод выборочного исключения гармоник, может быть применена для формирования как выходного тока АИТ, так и выходного напряжения АИН. Принцип формирования выходного напряжения при векторной ШИМ в случае реализации на микропроцессорной базе основан на формировании пространственного вектора напряжения, который может занимать промежуточные положения между шестью базовыми ненулевыми векторами напряжения, тем самым обеспечивая более качественную форму выходного напряжения. В большинстве случаев для формирования вектора выходного напряжения используют два наиболее близких к требуемому вектора из числа базовых и нулевой вектор, исходя из принципа минимизации числа коммутаций в течении периода несущей частоты. Тем не менее, возможно использование других комбинаций трех и более векторов для получения требуемого вектора выходного напряжения.

Синусоидальная ШИМ с непосредственным контролем тока для управления АИН использует обратную связь по току в ПИ-регулятор для формирования сигналов управления инвертором с синусоидальной ШИМ. Сигнал задания и сигнал обратной связи поступают в виде векторов, которые могут быть представлены как в неподвижной, так и во вращающейся системе координат.

Принцип ШИМ с гистерезисными регуляторами тока очень широко используется для формирования выходного тока АИН и в большинстве приводов малой и средней мощности, где необходимо использовать частотно-токовое управление, является более предпочтительным, чем ПЧ с АИТ. Данный метод основан на сравнении сигнала задания на ток и сигнала обратной связи по току [4]. Изменение состояния ключей инвертора происходит в случае, если разница этих сигналов больше допустимой ошибки. Таким образом, АИН приобретает свойства источника тока. Качество выходного тока повышается с уменьшением допустимой ошибки регуляторов тока, но при этом неизбежно возрастает частота коммутации силовых ключей. Недостатками этого метода является высокая и непостоянная частота коммутации ключей, непредсказуемый гармонический состав выходного тока и возникновения ошибок управления, обусловленных независимым переключением каждой фазы. Более совершенные алгоритмы, основанные на этом способе, обладают фиксированной частотой коммутации.

В настоящее время в случае, когда необходима рекуперация энергии в сеть и предъявляются повышенные требования к качеству потребляемого тока, применяются ПЧ с активным выпрямителем (АВ). Задача активных выпрямителей – формирование входного тока синусоидальной формы (обычно методом ШИМ), что значительно снижает воздействие ПЧ на питающую сеть и позволяет реализовать любой требуемый коэффициент мощности. Активные выпрямители строятся на полностью управляемых полупроводниковых ключах и по сути представляют собой автономные инверторы с рядом особенностей системы управления (например, обратной связью для поддержания требуемого уровня напряжения в промежуточном звене). Активные выпрямители подразделяются на выпрямители тока (АВТ), применяемые в ПЧ и АИТ, и выпрямители напряжения (АВН). АВН более широко распространены, чем АВТ, которые используются в основном в ПЧ с АИТ большой мощности.

Принцип управления АВН основан на использовании рассогласования между фактическим и требуемым напряжением на обкладках выходного конденсатора для определения требуемой величины входного тока, фазовый сдвиг входного тока определяется требуемой величиной коэффициента мощности, а частота определяется на основании показаний датчиков напряжений сети. Система управления АВН может быть построена таким образом, что будет контролироваться либо входной ток АВН, либо его входное напряжение.

Принцип контроля входного тока АВН является наиболее простым. Его работа построена на следующей схеме: сигнал рассогласования между требуемым и фактическим напряжением на выходном конденсаторе перемножается с сигналами датчиков фактического напряжения сети, тем самым с учетом требуемого коэффициента мощности формируется сигнал задания на токи каждой из фаз. Далее система управления силовыми ключами АВН, используя сигналы датчиков входного тока, стремится обеспечить полное соответствие фактических входных токов сигналом задания на эти токи. Существует ряд методов формирования сигналов управления силовыми ключами АВН, но наиболее широкое распространение получили три из них: метод периодической выборки (periodical sampling – PS), метод полосы гистерезиса (hysteresis band – HB) и метод треугольной несущей (triangular carrier – TC).

При использовании метода формирования напряжения при входе АВН система управления работает таким образом, чтобы соотношение амплитуд и углов векторов напряжений сети и входных напряжений АВН поддерживало требуемый уровень входного тока и коэффициента мощности. Применение этого принципа не требует непосредственного измерения входных токов, но система управления становится менее стабильна, т.к. параметры ее контуров зависят от величин сопротивлений сети, которые в общем случае непостоянны. Принцип формирования входного напряжения используется и при векторном управлении АВН.

Векторный принцип управления АВН функционирует следующим образом: система управления, используя сигналы датчиков входных токов, формирует вектор фактического входного тока, ориентированный в осях d и q . При этом составляющая по оси d определяется на основании рассогласования между требуемым и фактическим напряжением выходного конденсатора, а сигнал задания по оси q определяется требуемой величиной коэффициента мощности АВН. На основании векторов требуемого и фактического входных токов формируется вектор задания на входное напряжение АВН – также в осях d и q . Система управления коммутацией силовых ключей может использовать два варианта обработки вектора задания на входное напряжение: либо трансформировать вектор задания на входное напряжение в оси a и b и использовать принцип векторной ШИМ, либо сформировать из вектора сигнала задания на входное напряжение в осях d и q три сигнала задания на напряжения – для каждой из фаз – и использовать традиционную ШИМ.

Для формирования входного тока АВТ в большинстве случаев применяется четыре основных метода:

- синусоидальная ШИМ;
- трапецеидальная ШИМ;
- выборочного исключения гармонии;
- векторная ШИМ.

Несмотря на широкий ряд преимуществ, предоставляемых использованием активных выпрямителей, необходимо отметить, что при работе АВН имеет ряд побочных эффектов. Входной ток АВН практически синусоидален, но напряжение между фазой и землей содержит значительно больше высших гармоник по сравнению с традиционным шестипульсным выпрямителем, что создает сложности при обеспечении требуемого уровня ЭМС. Присутствие высших гармоник значительной амплитуды в напряжении между фазой и землей является причиной возникновения существенных токов утечки на землю через паразитную емкость изоляции. Графики показывают увеличения тока утечки на землю при работе АВН в пять раз по сравнению с традиционным шестипульсным выпрямителем. Решение данной проблемы – применение дополнительных фильтров. Работа АВН в активном режиме требует повышенного примерно на 20% напряжения на выходной емкости по сравнению с пассивным режимом, причем эта разница уменьшается с увеличением индуктивности входного реактора АВН [5]. То работа АВН при повышенных значениях напряжения на входной емкости приводит к необходимости применения входного реактора с меньшей индуктивностью, как следствие, усиливает воздействие высших гармоник на питающую сеть. Более того, повышенное выходное напряжение вынуждает АВН работать при более малых значениях коэффициента модуляции по амплитуде, что увеличивает частоту коммутации силовых ключей и, как следствие, приводит к более частому возникновению перенапряжений. Являясь с точки зрения системы источником токов высших гармоник, АВН при работе на общие шины с обычным диодным выпрямителем может привести к перенапряжению

на конденсаторе последнего. Кроме того, при работе АВН могут иметь место ложные срабатывания защиты от замыкания на землю, что требует применения пассивного фильтра во вторичных цепях этих защит. При работе АВН в условиях небаланса напряжений или фазных сопротивлений питающей сети имеет место возникновение гармоник низкого порядка в потребляемом токе и выходном напряжении выпрямителя, что требует применения дополнительных корректирующих алгоритмов управления, что неизбежно приводит к снижению надежности и повышению цены устройства в целом.

2.3.1 Выбор преобразователя частоты и аппаратуры управления

Метод регулировки скорости вращения мотора избираем частотный, например, как данный метод гарантирует плавное регулировка скорости в важном спектре, а получаемые свойства владеют высочайшей строгостью. Определение напряжения и частоты важны для работы мотора в данной точке, сводиться к уточнению способности обеспечения преобразователя значения напряжения и частоты при всевозможных нагрузках и шатаниях напряжения питающей сети. При питании асинхронного мотора от преобразователя частоты в процессе преобразуется усилие промышленной частоты. В усилие регулирования амплитуды и регулирования частоты появляются издержки напряжения и мощности преобразователя. Как правило преобразователь содержит внутреннее обратные связи, и при изменении нагрузки мотора выходное усилие и частота буквально не переменяться. В следствие этого в последующем усилие и частота на статоре электродвигателя станем соединять автономными от нагрузки. Синхронная скорость мотора находится в зависимости от частоты питающей сети и количества пар полюсов.

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{r} \quad (2.21)$$

Чтобы двигатель работал нормально, необходимо изменить частоту, избегая перегрузки двигателя, регулируя напряжение в статоре по различным законам. Зависимость изменения частоты и статических характеристик. Эти особенности следует помнить при расчете амплитуды частоты и луча. Амплитуды, часто используемые в расчетах для расчета частоты напряжения, пропорциональны следующему закону: $U / f = \text{const}$, максимальный импульс в этом случае стабилен и не зависит от частоты.

Также это не зависит от частоты:

$$\Delta\omega_E = \omega_0 - \omega_E = \text{const}. \quad (2.22)$$

Параллельный перенос естественных механических характеристик в этих расчетах позволяет использовать этот метод. В то же время естественную

характеристику можно перемещать вдоль оси w и $\omega_{\text{зад}}$, $\omega_{\text{зад}}$. Для получения дополнительной информации о паспорте передатчика частоты:

$$I_{\text{max.пр}} = 150\%I_{\text{H}} \quad (2.23)$$

Номинальный ток преобразователя частоты не должен быть меньше:

$$I_{\text{пч}} = \frac{I_{\text{maxdv}}}{1.5} \quad (2.24)$$

$$I_{\text{пч}} = \frac{24.42}{1.5} = 16.28 \text{ A.}$$

По $I_{\text{пч}}$ выбирается преобразователь частоты с учетом требования тех. задания мощность преобразователя частоты должна превышать мощность двигателя на 20%.

Тогда:

$$P_{\text{пч}} = 1,2 * 11 = 13,2 \text{ кВт} \quad (2.25)$$

Мы выбираем преобразователь частоты производителя Rowga серии PI7800. Его технические характеристики показаны в таблице 2.2 и внешний вид на рисунке 2.2

Таблица 2.2 - Характеристики преобразователя частоты PI7800 015G3

Модель	Мощность, кВт	Ток, А	Масса нетто, кг	Масса брутто, кг	Габариты	Устан. размеры
					L/W/H, мм	a/b/d, мм
PI7800 015G3	15.0	32	10	12	360/235/207	340/150/Ø10

Максимальный крутящий момент на валу двигателя АИР160S6:

$$M_{136\%} = 1,36 * M_{\text{НОМ}} * \left(\frac{I_{\text{НОМ}}}{I_{\text{dv}}}\right) \quad (2.26)$$

$$M_{136\%} = 1,36 * 108.3 * \left(\frac{32}{24.42}\right) = 193 \text{ Н * м}$$

Где $I_{\text{ном}} = 32 \text{ А}$ - номинальный ток преобразователя частоты; $I_{dv} = 24,42 \text{ А}$ - номинальный ток двигателя.



Рисунок 2.2 - PI7800 Внешний вид преобразователя частоты 015G3

$$15 \text{ кВт} \geq 11 \text{ кВт}$$

Расчеты должны соответствовать требованиям преобразователя частоты, которые обеспечивают импульс при перегрузке, который на 136% больше номинального тока.

Выбираем преобразователь: PI7800 015G3, P = 15 кВт, I_{ном} = 32А.

Наряду с ручными устройствами релейно-контактное оборудование имеет широкое поле, которое позволяет дистанционно управлять электродвигателями и другими электроустановками с пультами дистанционного управления позволяет. Это устройство включает, прежде всего, магнитные пускатели и контакторы. В нашем случае используется преобразователь частоты PI7800 015G3, который позволяет управлять пультом дистанционного управления с помощью местного пульта

дистанционного управления. Панель управления преобразователем частоты PI7800 015G3 показана на рисунке 2.3

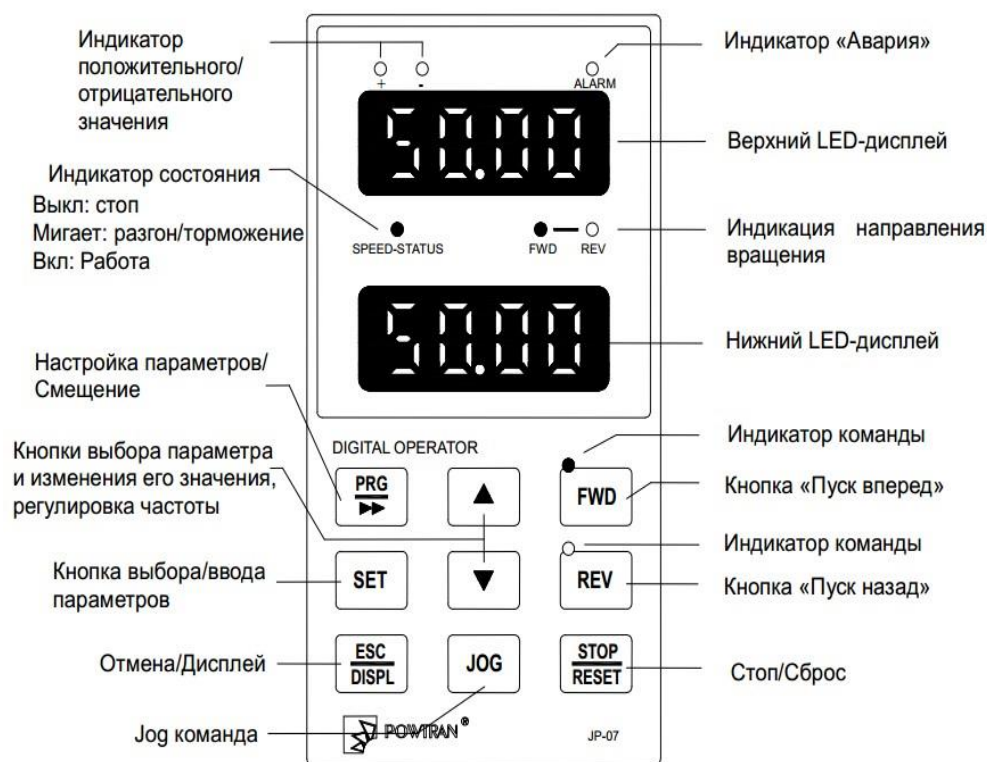


Рисунок 2.3 - Контроллер преобразователя частоты PI7800 015G3

Локальные элементы управления расположены на передней панели блока. Светодиоды и низкоуровневый цифровой индикатор для настройки режимов работы и рабочих параметров, отображающих режимы работы. Когда вы нажимаете любую из кнопок на пульте дистанционного управления, соответственно отображаются светодиоды, расположенные рядом с кнопками. Команды локального и дистанционного управления назначаются в следующих направлениях: кнопка ACS - тип системы управления. Отключенный ACS не имеет обратной связи. Закрытое ACS - обратное соединение (используется встроенная программируемая переменная технология PI-регулятора). Преобразователь частоты функционирует как локальный автомат.

Схема запуска преобразователя частоты показана на рисунке 2.4

Автоматический выключатель - возможность автоматического сохранения цепи питания при подаче инвертора.

Силовой реактор переменного тока - использование картера переменного тока позволяет хирургу отключить высокие гармоники инвертора и может улучшить коэффициент реактивной мощности передатчика. Использование реактора переменного тока подходит для:

- если питание в 10 раз превышает мощность инвертора;

-если компенсаторы реактивной мощности и тиристорные переключатели подключены к источнику питания с преобразователем частоты;

- если между фазами существует большой дисбаланс (более 3%).

Фильтр препятствий - фильтр предотвращает электромагнитные помехи, вызванные преобразователем, и мешает помехе. При выборе электромагнитного фильтра его тип должен быть согласован с трехфазной 3-проводной, трехфазной 4-проводной или однофазной системой электроснабжения. Кабель заземления должен быть как можно короче. При установке желательно разместить фильтр вблизи преобразователя частоты.

Контактор - может использоваться как электрический шок, чтобы поддерживать линию вне линии. Контактор не может использоваться для запуска и отключения двигателя.

Электромагнитные фильтры могут ограничивать выходной и выходной шум на выходе устройства.

Сетевой дроссель между выходом инвертора и длиной кабелем двигателя составляет более 20 метров, реактор от инвертора, а также между преобразователем и двигателем током длинных проводами могут остановить крупномасштабные тока [6].

Низковольтные пусковые устройства включают в себя различные разъединители, выключатели, автоматические выключатели. Номинальный ток вспышки должен быть в три раза больше номинального тока двигателя

$$I_H = 3I_{Hдв} \quad (2.27)$$

где $I_{Hдв}$ - номинальный ток двигателя.

При слиянии детекторов, коммутаторов или коммутаторов пакетов, а также для токов короткого замыкания используются предохранители для разъединения системы.

Автоматические выключатели используются для автоматического отключения перегруженных энергосистем и включения, и выключения в нормальных условиях в нормальных условиях.

Информация о двигателе в каталоге АИР160S6: $P_n = 11$ кВт, $I_n = 24,4$ А, $U_n = 220$ В ; $n_n = 970$ об/мин; КПД = 87,5%; $\cos\phi = 0,74$ Исходный ток, умноженный на $K_1 = 6,5$.

Асинхронный трехфазный ротор для двигателя короткого замыкания, выбирая щит.

Пусковой ток будет:

$$I_{пуск} = I_n * K_i \quad (2.28)$$

$$I_{пуск} = 24.4 * 6.5 = 158.6 \text{ А}$$

При использовании преобразователя частоты максимальный ток в начале двигателя выбирается в соответствии с таблицей 2.6, $I_{max} = 53,5$ А.

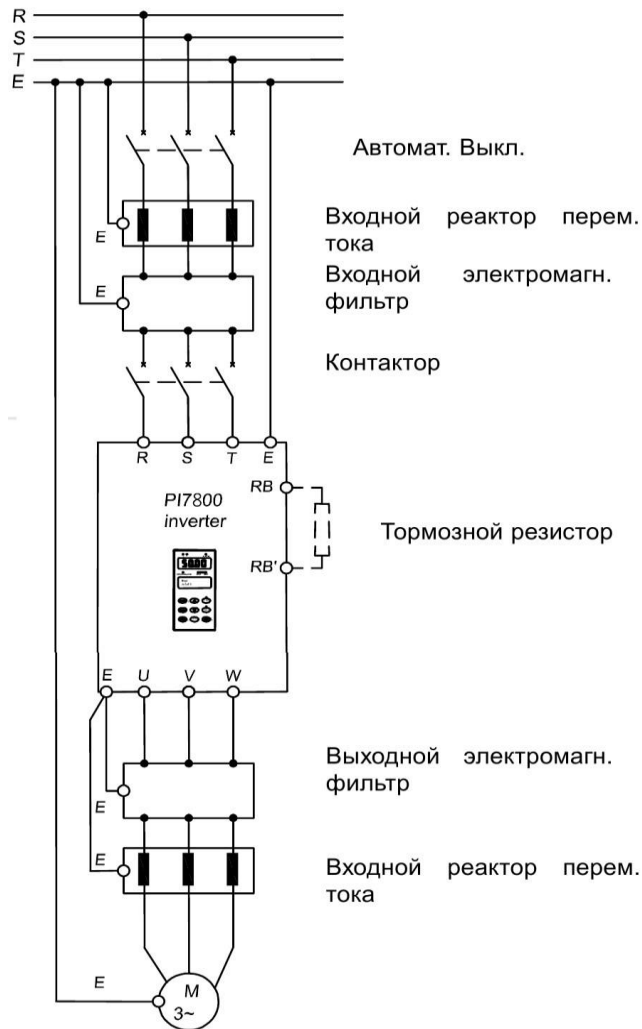


Рисунок 2.4 – схема запуска PI7800 015G3.

Определите требуемый ток для электромагнитного рассеяния тепла:

$$I_{н.уст.} = 1,25 * I_{н} \quad (2.29)$$

$$I_{н.уст.} = 1,25 * 53,5 = 66,9 \text{ А.}$$

Выберите автомат $I_{авт} = 25 \text{ А}$, и регулятор установит ток на 80А в радиаторе. Модель S203 В 25А 6000, производитель АВВ.

Определим требуемый ток для электромагнитного расцепителя:

$$I_{эм.расц.} = 1,25 * I_{max} \quad (2.30)$$

$$I_{эм.расц.} = 1,25 * 53,5 = 66,9 \text{ А}$$

Мы проверяем выбранный автомат электромагнитного пробоя на ток разряда. В соответствии с условиями о пуске автомат был выбран правильно, потому что:

$$I_{\text{СРЭМ.}} > I_{\text{ЭМ.Т.е.}} 80 > 66,9$$

Мы проверяем возможности коммутатора автоматизации. Эффективное значение допустимого тока короткого замыкания выбранной машины, если напряжение 220 В ($I_{\text{ф.кор.зам}} = 1500 \text{ А}$), $I_{\text{ф.кор.зам}}$ должно быть больше.

Выбор защитного оборудования.

Устанавливаем предохранители для предотвращения короткого замыкания сети и кабелей до 1000 В. Предохранитель является дополнительным термофиксатором в качестве защитного элемента, который соединен с цепью электричества. Если напряжение сети выше указанного количества, плавильное устройство расплавляется, цепь выходит из строя и, таким образом, защищает провод от тепла.

Смещение линейного тока равно номинальному току двигателя: $I_{\text{дл}} = 24,4 \text{ А}$. Мы получаем значение $I_{\text{в}} > 24,4 \text{ А}$ ($I_{\text{в}} > I_{\text{дл}}$) через номинальный ток расплавленного приложения, отобранного в течение длительного времени на линии.

В зависимости от требований, в зависимости от пускового тока при номинальном токе 60А, мы выбираем следующий предохранитель ПР-2 220В 15-60А.

Поскольку используется преобразователь частоты, необходимо использовать экранированный кабель марки ПВВГЭ, установленный внутри каналов пола во время обмотки.

Определим оптимальный ток нагрузки:

$$I_{\text{раб}} = I_{\text{н}} = 24,4 \text{ А}$$

Выбираем по каталогу ближайшее сечение кабеля по длительно допустимому току АПВВГЭ - 4x10.

2.4 Исследование установившихся режимов работы электропривода с автономным инвертором тока и формированием напряжения

Для оценки возможностей принципа формирования напряжения на конденсаторах выходного фильтра АИТ на математической модели был произведен ряд экспериментов, предназначенный для исследования следующих характеристик:

- механических характеристик двигателя при различных частотах формируемого напряжения;
- влияния точности на гармонический состав формируемого напряжения;

- влияния нагрузки на валу двигателя на частоту коммутации ключей АИТ;
- влияния точности формирования напряжения на частоту коммутации ключей АИТ;
- влияния величины тока промежуточного звена на частоту коммутации силовых ключей АИТ;
- влияния точности формирования напряжения на равномерность вращения вала двигателя.

В исследуемых опытах математической модели ПЧ с АИТ управляемый выпрямитель с системой управления представлен источником идеально сглаженного тока, а емкость конденсатора фильтра принята равной 2,6 мФ (полная мощность конденсатора на частоте 50 Гц равно полной мощности двигателя, работающего в номинальном режиме. Механические характеристики асинхронного двигателя 4АН250М4 показанного на рисунке 2.5. в случае питания от идеального источника трехфазного синусоидального напряжения. Искусственные механические характеристики при питании от ПЧ с АИТ и формированием напряжения на конденсаторах выходного фильтра получены на математической модели. Рабочие участки рассчитанных и снятых с математической модели механических характеристик для частот 20,30,40 и 50 Гц при законе регулирования $U/f=\text{const}$. Механические характеристики совпадают, т.е. можно сделать вывод об отсутствии заметного влияния формируемой формы выходного напряжения на жесткость механических характеристик асинхронного двигателя при работе в разомкнутой системе.

Гармонический состав выходного напряжения является одной из ключевых характеристик, определяющих качество работы ПЧ. Для оценки гармонического состава напряжения на математической модели был произведен ряд экспериментов, в которых для частот 20 Гц и 50 Гц и трех значениях нагрузки на валу двигателя (при отсутствии нагрузки, половине номинальной нагрузки и номинальной нагрузке) был исследован гармонический состав формируемого напряжения. В качестве приведен гармонический состав напряжения на конденсаторе выходного фильтра при работе двигателя 4АН250М4 на естественной характеристике с номинальной нагрузкой на валу. Точность формирования напряжения составляет 10%.

Анализ данных позволяет сделать вывод о том, что коэффициент не синусоидальности формируемого напряжения (ТНД) значительно ниже, чем в ПЧ с ШИМ-АИН, который для синусоидальной ШИМ составляет от 50% до 30% в зависимости от коэффициента модуляции по амплитуде. Тем не менее, в наиболее тяжелом случае имеют высшие гармоники четных порядков, содержание которых в спектре выходного напряжения ПЧ с ШИМ-АИН значительно ниже. Снижение амплитуд высших гармоник четных порядков до пренебрежимо малых значений может быть достигнуто повышением точности формирования напряжения.

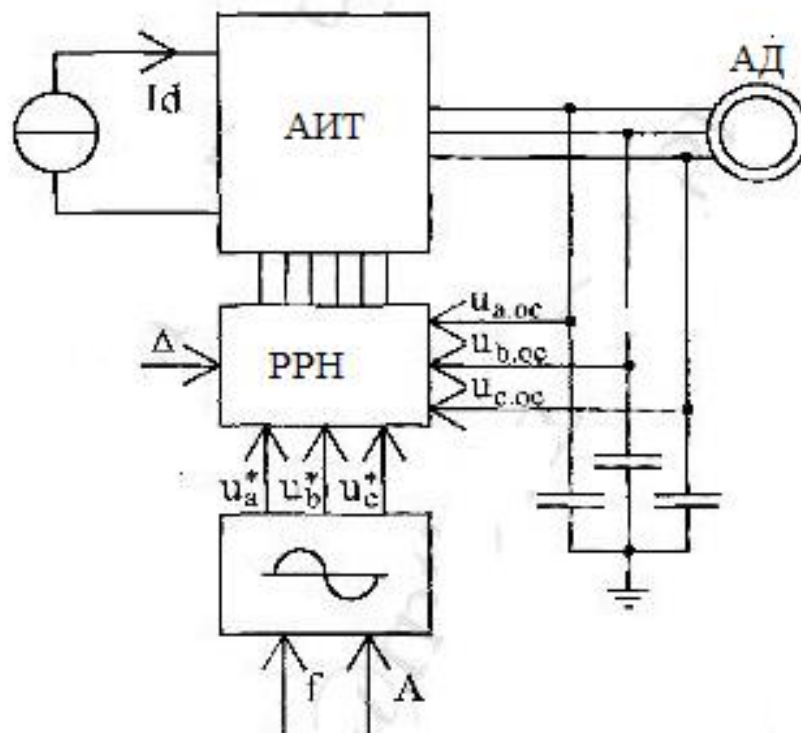


Рисунок 2.5. Структурная схема модели для исследования статических характеристик асинхронного электропривода с ПЧ-АИТ и формированием напряжения на конденсаторах выходного фильтра.

Не менее существенной характеристикой ПЧ с АИТ, определяющей тепловые потери в преобразователе и, следовательно, коэффициент полезного действия, является частота коммутации силовых полупроводниковых ключей f_{sw} . При формировании напряжения на конденсаторах выходного фильтра, как и в преобразователях частоты с АИН и релейным регулятором тока величина f_{sw} не поддается точному математическому описанию. Для определения закономерностей изменения величины f_{sw} необходимо оценить воздействие на нее таких величин как ток промежуточного звена I_d , точность формирования выходного напряжения, и нагрузка на валу двигателя показанное в таблице 2.3.

Для оценки влияния на валу двигателя по математической модели был проведён ряд экспериментов, в которых при точности формирования напряжения, равной 7% и величине статического момента M_c , изменяющегося от 0 до номинального были определены частоты коммутации ключей АИТ. Величина тока промежуточного звена I_d для каждого опыта определялась графиком. Полученные кривые зависимостей величины f_{sw} от нагрузки на валу частот 10,20,30,40 и 50 Гц. На основании этих данных можно сделать вывод о том, что при частоте формируемого напряжения 30 Гц и выше нагрузка на валу двигателя не отказывает существенно влияния на величину f_{sw} . При частоте формируемого напряжения 20 Гц и ниже величина f_{sw}

возрастает с ростом нагрузки, причем этот эффект появляется значительно при частоте выходного напряжения 10 Гц.

Таблица 2.3 – Результаты расчета коэффициента не синусоидальности формируемого напряжения THD в различных режимах работы электропривода

Частота формируемого напряжения, Гц	Нагрузка на валу двигателя, о.с.	Точность формирования напряжения, %	Коэффициент не синусоидальности THD, %
20	0	2	3,02
		5	9,13
		7	4,88
		10	14,4
	0,5	2	5,30
		5	5,30
		7	5,03
		10	6,62
	1	2	4,87
		5	6,54
		7	7,89
		10	6,25
50	0	2	8,37
		5	11,3
		7	12,1
		10	15,4
	0,5	2	5,56
		5	10,0
		7	11,9
		10	17,0
	1	2	6,58
		5	10,0
		7	11,9
		10	16,3

Таблица 2.4 – Гармонический состав формируемого напряжения с частотой 50 Гц при работе двигателя с номинальной нагрузкой на валу

Номер гармоники	Амплитуда, %	Номер гармоники	Амплитуда, %
1	100,00	2	7,72
3	4,18	4	0,78
5	3,81	6	1,64
7	2,71	8	0,81
9	0,69	10	0,94
11	0,71	12	4,85
13	2,30	14	7,85
15	1,19	16	2,41
17	1,04	18	4,63
19	2,19	20	3,69
21	1,40	22	1,35
23	1,15	24	0,58
25	0,80	26	0,73
27	0,79	28	0,60
29	0,79	30	0,12
31	1,53	32	1,67
33	1,56	34	1,19
35	1,99	36	0,95
37	0,42	38	0,122
39	0,55	40	0,49

Для оценки влияния на валу двигателя по математической модели был проведён ряд экспериментов, в которых при точности формирования напряжения, равной 7% и величине статического момента M_c , изменяющегося от 0 до номинального были определены частоты коммутации ключей АИТ. Величина тока промежуточного звена I_d для каждого опыта определялась графиком. Полученные кривые зависимостей величины f_{sw} от нагрузки на валу частот 10,20,30,40 и 50 Гц. На основании этих данных показанных в таблице 2.3 можно сделать вывод о том, что при частоте формируемого напряжения 30 Гц и выше нагрузка на валу двигателя не отказывает существенно влияния на величину f_{sw} . При частоте формируемого напряжения 20 Гц и ниже величина f_{sw} возрастает с ростом нагрузки, причем этот эффект появляется значительно при частоте выходного напряжения 10 Гц.

С целью определения зависимости частоты коммутации ключей f_{sw} от точности формирования напряжения был проведен ряд экспериментов, в которых при двух частотах напряжения 20 Гц и 50 Гц-при номинальной нагрузке на валу двигателя была исследована частота коммутации ключей f_{sw} при различных значениях задания на точность формирования напряжения.

Графики зависимости частоты коммутации ключей f_{sw} от точности формирования напряжения.

Соотношение частот коммутации f_{sw} и точностей формирования напряжения позволяют также сделать вывод о том, что независимо от задания на частоту и амплитуду формируемого напряжения частота коммутации ключей f_{sw} зависит от ширины допустимого разброса выходного напряжения $X_u = 2 \cdot \Delta \cdot A$ к примеру, при частоте напряжения 20 Гц и точности формирования 10% величина составляет $2 \cdot 220 \cdot \sqrt{2} / 50 \cdot 20 \cdot 0,1 = 25$ В. При частоте напряжения 50 Гц и точности 4% величина X_u составляет также $2 \cdot 220 \cdot \sqrt{2} / 50 \cdot 20 \cdot 0,1 = 25$ В. Согласно данным приложения 3, для двух вышеуказанных режимов частоты коммутации ключей f_{sw} ком совпадают и составляют порядка 700 Гц.

Для определения зависимости величины частоты коммутации ключей f_{sw} от величины тока промежуточного звена I_d для номинального режима работы двигателя, т.е. при напряжении 220 в, частоте 50 и номинальной нагрузке на валу было исследовано изменение величины f_{sw} при изменении I_d в пределах от 100 л 150% от I_{dmin} . График зависимости $f_{sw} = f(I_d)$ приведен в приложении 3. Приведенная зависимость позволяет сделать вывод, что частота коммутации ключей f_{sw} прямо пропорциональна величине тока промежуточного звена I_d , причем увеличение величины тока промежуточного звена в 1,5 раза привело к возрастанию частоты коммутации силовых ключей АИТ в 3 раза, т.е. значительный наклон характеристики свидетельствует о важности максимально точного определения требуемого значения I_d для минимизации частоты коммутации ключей f_{sw} и снижения потерь ПЧ в целом.

При питании асинхронного двигателя от преобразователя частоты с автономным инвертором тока и формированием напряжения на конденсаторах выходного фильтра в установившемся режиме имеет место зависящая от момента инерции механизма неравномерность частоты вращения вала. Для количественной оценки неравномерности вращения вала двигателя необходимо ввести коэффициент неравномерности вращения вала двигателя e_ω .

Данный коэффициент может быть рассчитан по формуле:

$$e_\omega = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_0} * 100\% \quad (2.31)$$

где ω_{max} -максимальная частота вращения за выбранный промежуток времени, рад/с; ω_{min} -минимальная частота вращения за выбранный промежуток времени, рад/с; ω_0 частота вращения идеального холостого хода для заданной частоты питающего напряжения, рад/с.

В приложении 3 приведены полученные на математической модели графики зависимости ω от точности формирования напряжения Δ при различных моментах инерции механизма для частоты формируемого напряжения 20 Гц и 50 Гц и соответственно нулевой и номинальной нагрузках. На основании полученных зависимостей можно сделать вывод о том, что для снижения неравномерности вращения вала двигателя при небольшом суммарном моменте инерции механизма необходимо значительно увеличивать точность формирования напряжения.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что гармонический состав формируемого на конденсаторах выходного фильтра ПЧ-АИТ напряжения значительно благоприятнее гармонического состава напряжения, формируемого ПЧ с ШИМ-АИН. Ввиду значительного возрастания частоты коммутации ключей f_{sw} с ростом нагрузки в области малых частот при использовании данного типа ПЧ необходимо ограничивать минимально допустимую частоту формируемого напряжения величиной порядка 10 Гц. Кроме того, наличие неравномерности вращения вала двигателя ограничивает применение данного привода механизмами, обладающими значительным суммарным моментом инерции, либо нетребовательными к точности и стабильности частоты вращения. Для рассматриваемого двигателя равномерность скорости вращения вала становится допустимой при суммарном моменте инерции механизма в 5 и более раз превышающем момент инерции вал двигателя.

2.5 Структурные и функциональные схемы электропривода, приводимые в действие преобразователем частоты

Общая структура электропривода показана на рисунке 2.6

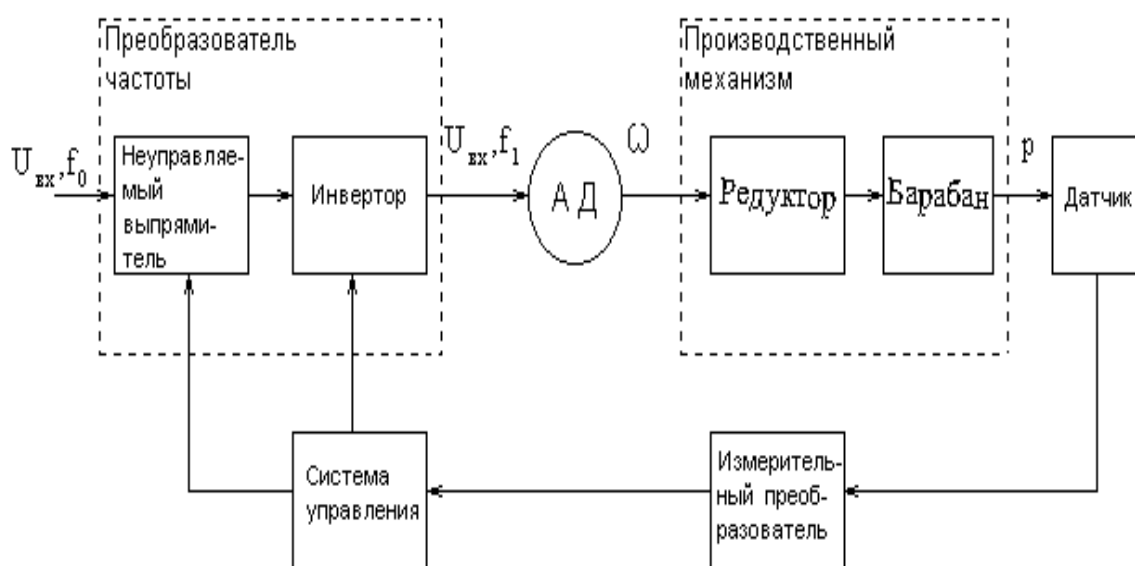


Рисунок 2.6 - Общая структура электропривода

Общая структурная схема определяет переменные входа и выхода каждого звена электропривода.

Преобразователи частоты можно разделить на три основные части: неуправляемый выпрямитель, инвертор и выпрямитель и система управления инвертором.

Функциональная схема системы автоматического управления двигателем АИР160S6 с преобразователем частоты показана на рисунке 2.7.

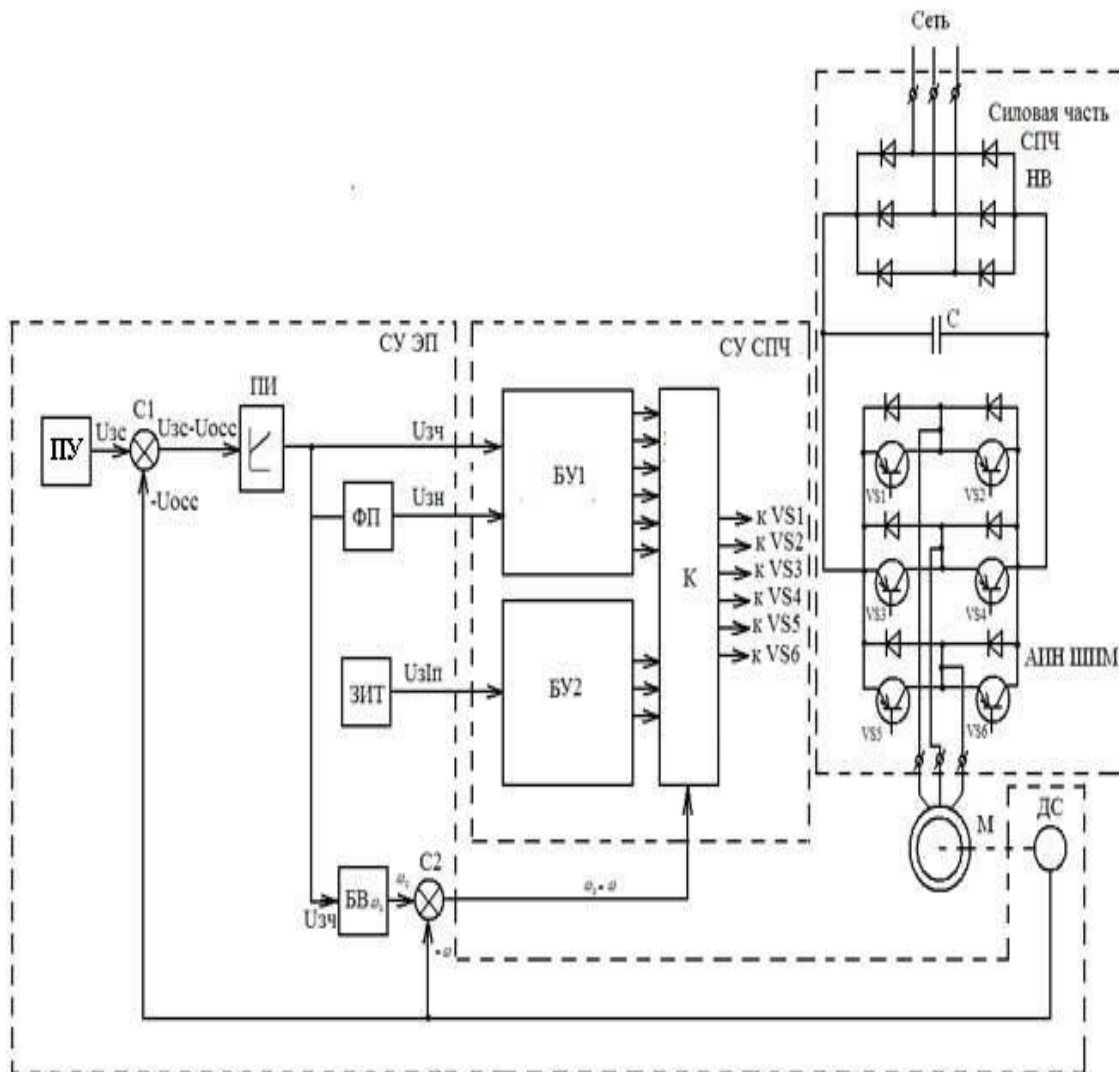


Рисунок 2.7. Функциональная схема управления частотного контроллера электропривода

Согласно функциональной схеме электропривод содержит следующие элементы:

- ведущий двигатель (М) – АИР 160S6;
- статический преобразователь частоты, который состоит из потенциального раздела и системы статического управления частотой;
- электрическая система управления приводом.

В качестве исполнительного мотора в электроприводе применяется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Силовая доля СПЧ подключает в себя неуправляемый выпрямитель (НВ), самостоятельный инвертор напряжения с широтно-импульсной модуляцией (АИН ШИМ) и конденсатор в звене неизменного тока С [7]. Система управления статическим преобразователем произведено из 3-х блоков. Система управления статическим преобразователем состоит из трех частей:

- синусоидальная максимальная импульсная модуляция, обеспечивающая трехфазное напряжение на выходе статического преобразователя частоты при работе двигателя в режиме двигателя;

- блок ВUУ, который генерирует управляющие импульсы VS1-VS6 через клавиши-проводники;

- VS2, VS3, BS2, который генерирует управляющие импульсы с помощью полупроводниковых клавиш, обеспечивает модульную модуляцию постоянного напряжения на две фазированные цепи обмоток статора в возможном режиме динамического останова электропривода.

Система управления электроприводом включает в себя следующие элементы и блоки:

- пульт управления (ПУ);

- датчик скорости ДС;

- пропорционально-интегральный регулятор (ПИ);

- два сумматора С1 и С2;

- функциональный преобразователь (ФП);

- задатчик интенсивности торможения (ЗИТ);

- блок вычисления синхронной частоты вращения (БВ ω_0).

При работе в двигательном режиме электропривод дает собой закрытую систему самодействующего регулирования с обратной связью по частоте вращения. Требуемое значение частоты вращения мотора и запуск мотора при частотном регулировке уточняется с поддержкой ПУ, знак с выхода которого поступает на лестный вход сумматора С1. На негативный вход сумматора С1 поступает знак, пропорциональный фактической частоте вращения мотора. Разницу сигналов, снимаемая с выхода сумматора С1 поступает на вход пропорционально-интегрального регулятора, который задает нужную подневольность конфигурации частоты напряжения и величины напряжения на выходе статического преобразователя частоты [8]. Активный преобразователь ФП делает нужную ассоциацию меж частотой напряжения и действительным значением напряжения на выходе СПЧ. Данная ассоциация ориентируется законодательством скалярного управления Костенко, который для электроприводов со статической нагрузкой содержит следующий вид:

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const} \quad (2.32)$$

где: U_1 - величина действующего значения фазного напряжения обмотки статора; f_1 – частота тока статорной обмотки.

3 Исследование системы управления электрическим приводом в Matlab

3.1 Составление структурной и функциональных схем в Matlab

Одним из более действенных стезей становления, сохраняющих энергию технологических режимов при управлении сушильными агрегатами считается регулируемый электропривод. В реальное время, преобладающее состояние занимают частотно – регулируемые асинхронные электроприводы с системами самодействующего управления, собственно, что разрешает решить не лишь только технологические задачи сушильных агрегатов, но и дилемму сбережения энергии

Асинхронный частотный регулятор может устанавливаться только на встроенной системе, где для привода требуются статические и динамические характеристики. Его функциональная схема показана на рисунке 3.1. Где Р - регулятор; Д - переменный датчик электрического привода; ПЧ - это преобразователь частоты

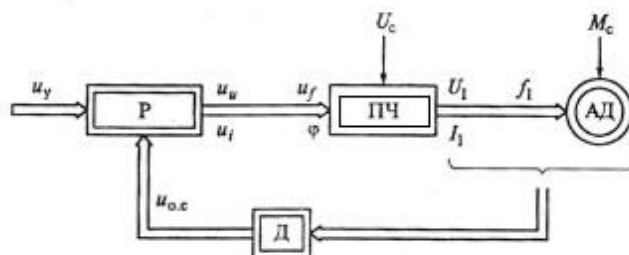


Рисунок 3.1 - Функциональная схема замкнутой системы ПЧ-АД

Чтобы увеличить пропускную способность нужно ввести отрицательную обратную связь относительно скорости, передаваемой системе управления. Поэтому учитывается скорость обратной связи по математическим характеристикам переходных процессов электропривода. Структурная схема с обратной связью по скорости системы ПЧ-АД показанная на рисунке 3.2 выглядит следующим образом:

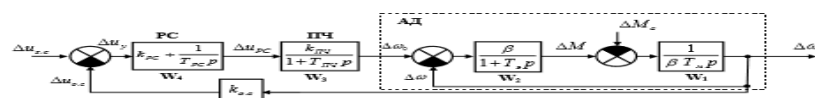


Рисунок 3.2 - Структурная схема системы ПЧ-АД с обратной связью по скорости

Структурная схема представляет собой линейную систему электропривода в соответствии с изображением. В схеме принимаются следующие обозначения:

β - модуль жесткости механических характеристик;

T_3 - эквивалентен стабильности времени электромагнитных цепей статора АД и схемы ротора;

$k_{\text{ПЧ}}$ Коэффициент замещения функции ПЧ;

$T_{\text{Ч}}$ - постоянное время цепи управления;

$T_{\text{М}}$ - электромеханическая постоянная времени.

Движущееся уравнение в соответствии с функцией замещения структурной схемы W_1 . Его можно записать следующим образом:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta M - \Delta M_c} = \frac{1}{\beta T_{\text{М}} p},$$

или

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_{\text{М}}} (\Delta M - \Delta M_c), \quad (3.1)$$

где $\Delta\omega$ – приращение скорости; ΔM - приращение момента; ΔM_c - приращение статического момента нагрузки.

Согласно передаточной функции w_2 будем иметь следующее соотношение:

$$\frac{\Delta M}{\Delta\omega_0 - \Delta\omega} = \frac{\beta}{1 + T_3 p}, \quad (3.2)$$

Которое можно написать в виде дифференциального уравнения

$$T_3 \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M = \beta(\Delta\omega_0 - \Delta\omega), \quad (3.3)$$

где ω_0 - приращение угловой скорости электромагнитного поля АД. Уравнение ПЧ, исходя из передаточной функции W_3 , запишем:

$$T_{\text{ПЧ}} \frac{d\Delta\omega_0}{dt} + \Delta\omega_0 = k_{\text{ПЧ}} \Delta U_{\text{PC}}, \quad (3.4)$$

а РС (передаточная функция W_4) представим уравнением:

$$\Delta U_{PC} = k_{PC}(\Delta U_{3.c} - \Delta U_{o.c}) + \int_{\omega}^{\omega_0} (\Delta U_{3.c} - \Delta U_{o.c}) d\omega \quad (3.5)$$

Приращение ΔU_y запишем в следующем виде:

$$\Delta U_y = \Delta U_{3.c} - k_{o.c} \Delta \omega,$$

где $\Delta U_{3.c}$ - приращение задающего сигнала;

$k_{o.c}$ - коэффициент обратной связи по скорости.

Таким образом, математическое описание частотно – регулируемого электропривода сушильного агрегата можно представить следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega}{dt} &= \frac{1}{\beta T_M} (\Delta M - \Delta M_c), \\ T_s \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M &= \beta (\Delta \omega_0 - \Delta \omega), \\ T_{ПЧ} \frac{d\Delta\omega_0}{dt} + \Delta\omega_0 &= k_{ПЧ} \Delta U_{PC}, \\ T_{PC} \frac{d\Delta U_{PC}}{dt} &= k_{PC} T_{PC} \frac{d\Delta U_y}{dt} + \Delta U_y, \\ \Delta U_y &= \Delta U_{3.c} - k_{o.c} \Delta \omega. \end{aligned} \quad (3.6)$$

3.2 Математическая модель барабанного сушильного агрегата

Описание общих математических моделей агрегата, генерирующих статические и динамические моды осушающего агрегата как объекта контроля.

Описание математических характеристик сушильного агрегата выглядит следующим образом:

$$H = h_0 * \varpi^2 + b * \varpi - r_H * q \quad (3.7)$$

Где h_0 - свободное рабочее давление сушильной установки;

b - коэффициент, описывающий зависимость сушильной установки от нагрузки барабана и скорости вращения;

r - коэффициент, характеризующий внутреннее механическое сопротивление исходного материала внутри барабана.

Преыдущие два члена в уравнении (3.7) определяют процесс передачи энергии из редуктора единичной шестерни, а третий элемент определяет общую потерю сушильной установки, которая представляет собой квадрант производительности пропорционально. Соответственно, динамические характеристики и инерционность сушильной установки определяются

уравнением (3.7) двух предыдущих соединений. Для получения зависимостей, характеризующих поведение сушильного агрегата в динамике, обозначим $z = h_0 * \omega^2 + b * \omega$ как динамическую составляющую характеристику барабанного сушильного агрегата.

3.3 Моделирование системы ПЧ-АД – барабанного сушильного агрегата в Matlab

Математическая модель системы ПЧ-АД с обратной связью по скорости - барабанная сушильная установка, основанная на уравнении (3.8), получим следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega}{dt} &= \frac{1}{\beta T_m} (\Delta M - \Delta M_c), \\ T_s \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M &= \beta (\Delta \omega_0 - \Delta \omega), \\ T_{ПЧ} \frac{d\Delta \omega_0}{dt} + \Delta \omega_0 &= k_{ПЧ} \Delta U_{PC}, \\ T_{PC} \frac{d\Delta U_{PC}}{dt} &= \Delta U_y - k_{PC} T_{PC} k_{OC} \frac{d\Delta \omega}{dt} - k_{PC} T_{PC} k_{OC} \Delta \omega. \end{aligned} \quad (3.8)$$

где T_h постоянная времени переходных процессов в редукторе барабана (аналогична электромагнитной постоянной времени электродвигателя).

Для удобства исследования переходных процессов динамики системы ПЧ – АД с обратной связью по скорости и барабанный сушильный агрегат, после несложных преобразований, систему уравнений (3.9) представим в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= \frac{1}{\beta T_m} (x_2 - A), \\ \frac{dx_2}{dt} &= \frac{\beta}{T_s} x_3 - \frac{\beta}{T_s} x_1 - \frac{1}{T_s} x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= \frac{k_{ПЧ}}{T_{ПЧ}} x_4 - \frac{1}{T_{ПЧ}} x_3, \\ \frac{dx_4}{dt} &= u - \frac{k_{PC} T_{PC} k_{OC}}{T_{PC}} \frac{dx_1}{dt} - \frac{k_{PC} T_{PC} k_{OC}}{T_{PC}} x_1, \end{aligned} \quad (3.9)$$

Программа решения системы (3.3), при параметрах асинхронного двигателя АИР160S6:

$P_{НОМ} = 11 \text{ кВт}$; $n = 970 \text{ об/мин}$ $\beta = 5,085$; $T_M = 0,1$; $T_{Э} = 0,05$,
параметрах ПЧ:

$T_{ПЧ} = 0,001$,

параметрах регулятора скорости, коэффициента обратной связи:

$k_{РС} = 0,86$ $T_{РС} = 0,35$; $k_{ОС} = 0,3$

а также параметрах барабанного сушильного агрегата:

$b = 0,57$; $h_0 = 0,1$ $x_0 = 35$; $T_H = 0,045$.

Показано на рисунке:

```
function MMN x0=[0;0;0;0;0];  
[T,X]=ode45(@nass,[0 20],x0);  
plot(T,X(:,1),'g-');  
%plot(T,X(:,5),'k-');  
hold on grid hold off  
function dx=nass(t,x) dx=zeros(5,1); dx(1)=1.96*x(2)-78.6*x(1);  
dx(2)=101.7*x(3)-101.7*x(1)-20*x(2); dx(3)=5000*x(4)-1000*x(3);  
dx(4)=5*(1-exp(-t/3))-0.74*(1.96*x(2)+0.56*x(1)- 80*x(1)^2)-  
0.74*x(1);  
dx(5)=140*x(1)-20*x(5);  
end end
```

Численный метод Рунге-Кутты используется для вычисления системы дифференциальных уравнений (3.3).

Графики переходного процесса системы ПЧ-АД и сушильного агрегата показаны на рисунках 3.4 и 3.5.

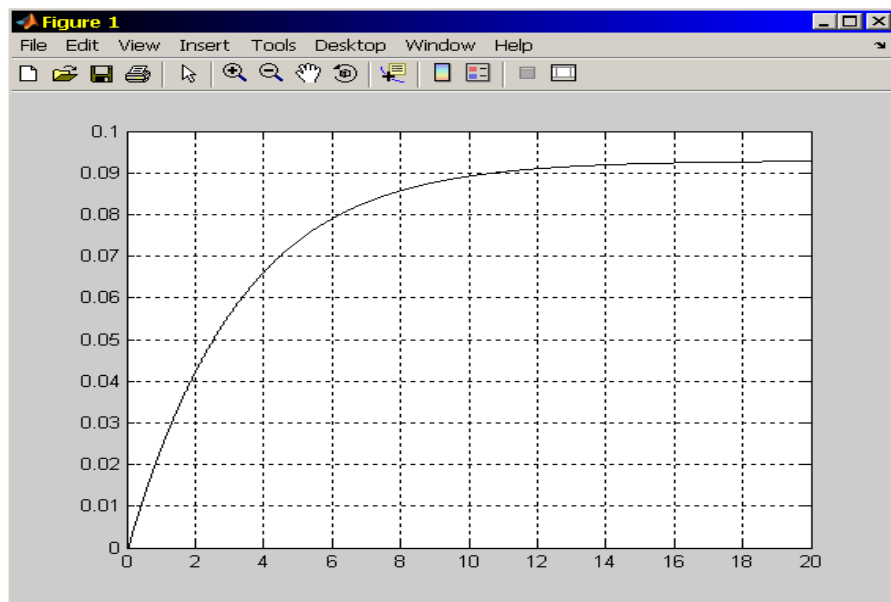


Рисунок 3.4 - Переходной процесс скорости системы ПЧ – АД агрегата при загруженном барабане

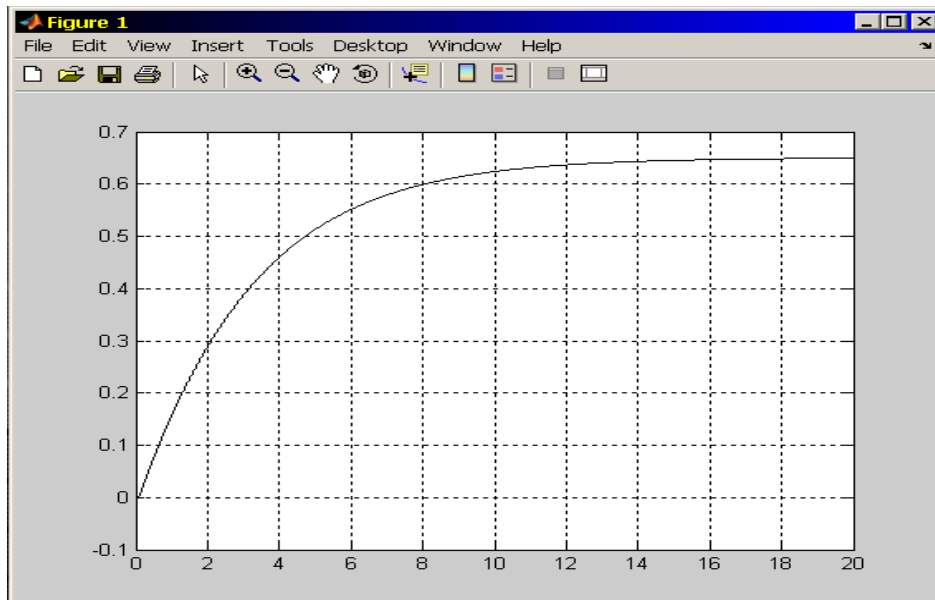


Рисунок 3.5 - Переходной процесс зависимости загрузки от скорости при пустом барабане

Однако на основе трансформационных функций (рисунок 3.6) динамика барабанной системы барабанного сушильного агрегата ПЧ-АД может быть изучена в модели структурной схемы, рисунок 3.6.

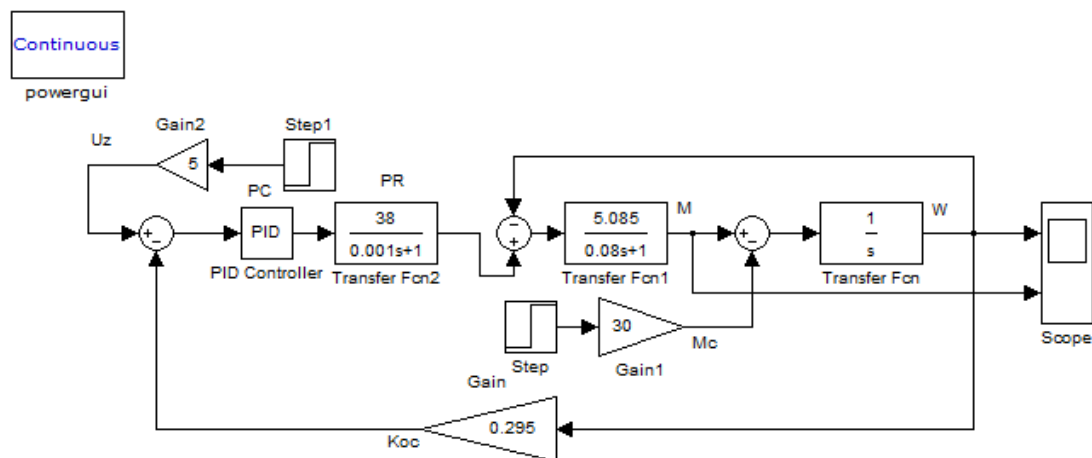


Рисунок 3.6 – ПЧ-АД - структурная схема модели агрегата барабанной сушки MATLAB

Осциллограммы, полученные при моделировании, показаны на рисунках 3.7 и 3.8. Показано изменение скорости системы ПЧ-АД, и на рисунке 3.7 и 3.8. показан процесс перехода к зависимости нагрузки от нагрузки на барабанной сушильной установке.

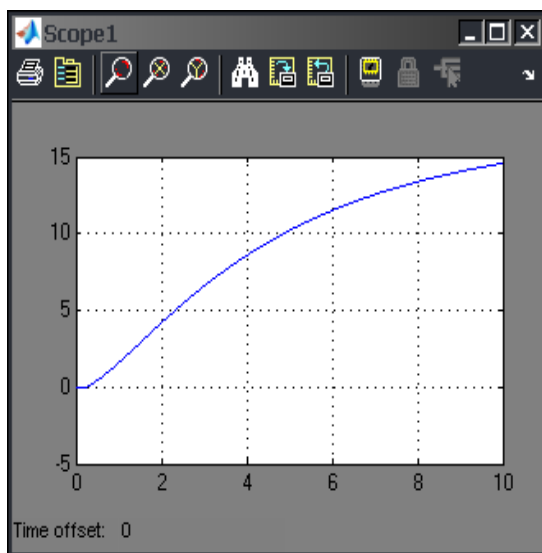


Рисунок 3.7



Рисунок 3.8

На рисунке 3.9 и 3.10 показаны переходные процессы в системе ПЧ-АД и переходных процессах, когда изменяются параметры регулятора скорости блока изменения барабана.

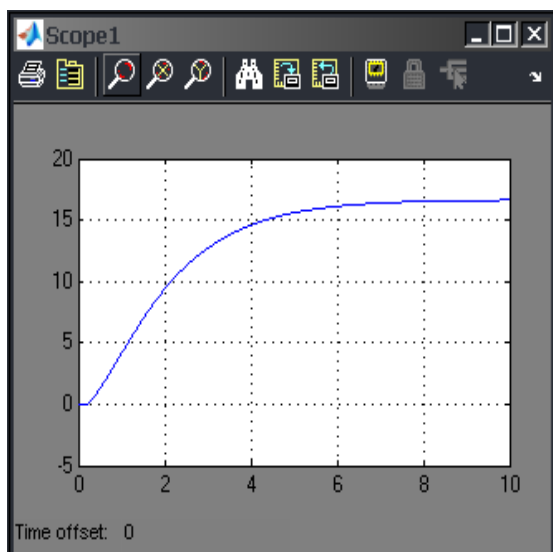


Рисунок 3.9

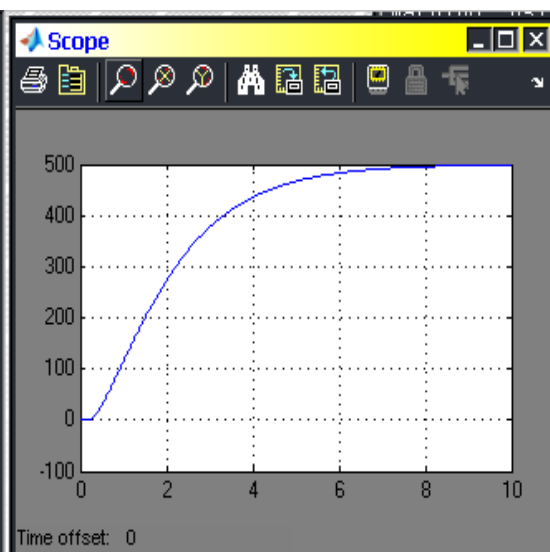


Рисунок 3.10

3.4 Анализ результатов моделирования переходных процессов динамики системы ПЧ-АД-БСА

При исследовании осциллограмм (рисунок 3.7 и 3.8) мы гарантируем, что качество скоростей вращения барабана соответствует скорости системы обратной связи контура. Визуализируя осциллограммы (рисунок. 3.9 и 3.10), скорость барабана (ускорение) при исследовании барабана показывает, что увеличение барабана выше барабанной нагрузки.

4. Расчет технико-экономических показателей

4.1 Технико-экономическое обоснование автоматизированного энергоэффективного электропривода сушильного агрегата

Данный ПЧ-АД предназначен для автоматизированного энергоэффективного электропривода сушильной машины. Компания намерена модернизировать - для сушильного агрегата для сушки сырья из системы «преобразователь частоты-асинхронный двигатель», которая обеспечивает производительность сушильного агрегата для сушки сырья и низкого энергопотребления. В настоящее время регулируемый электропривод, который поставляется с питанием постоянного тока, используется в сушилке для растительного продукта. Автономные двигатели являются дорогостоящими с точки зрения обслуживания, чем в асинхронных двигателях. Коллекторы с постоянным током имеют очень низкую надежность. Поэтому рассматривается вопрос о покупке и установке «преобразователя частоты-асинхронного двигателя». Преобразователи частоты имеют очень высокую ПЭК, практически инерцию, небольшую мощность для управления, а также могут управляться широким диапазоном приводных систем с электроприводом.

В результате использования системы «Частотный преобразователь-асинхронный двигатель»:

- 1) значительное снижение потери энергии;
- 2) Ток запуска двигателя значительно уменьшается, его значение ограничено 1-3-ступенчатым статором двигателя;
- 3) В кинематических сетях механических переходов значительно снижаются динамические нагрузки: муфты, редукторы и т.д.

4.2 Расчет расходов

Для определения первоначальных затрат необходимо определить стоимость электропривода (ПЧ-АД), включая стоимость регулируемого пускового оборудования, стоимость монтажных работ, транспортные расходы и запланированную упаковку организации установки.

Самым дорогим компонентом привода ПЧ-АД является асинхронный двигатель и преобразователь частоты. Таким образом, оценка электропривода:

$$k_{\text{эп}} = k_{\text{коз}} + k_{\text{п}} = 180000 + 240000 = 420000 \text{ тенге,}$$

где $k_{\text{коз}} = 180000$ - стоимость асинхронного двигателя, тенге; $k_{\text{п}} = 240000$ - стоимость инвертора, тенге.

Стоимость регулируемого пускового оборудования определяется как часть цены преобразователя частоты (12%).

Тогда мы будем:

$$k_{\text{пр}} = 0,12 \cdot k_{\text{п}} = 0,12 \cdot 240000 = 28800 \text{ тенге.}$$

Стоимость монтажных работ рассчитывается отдельно для электропривода и рабочего механизма. Для электропривода это значение может составлять около 6% от стоимости привода, и около 5% стоимости привода для привода. Таким образом, стоимость монтажных работ:

$$k_{\text{мр}} = (0,06+0,05) \cdot k_{\text{эп}} = (0,06+0,05) \cdot 420000 = 46200 \text{ тенге}$$

Мы определяем стоимость транспортировки, которая составляет 2% стоимости электропривода и сборочных работ:

$$k_{\text{тзр}} = 0,02 \cdot (k_{\text{эп}}+k_{\text{мр}}) = 0,02 \cdot (42000+46200) = 9324 \text{ тенге}$$

Мы определяем общие инвестиции, необходимые для внедрения ПЧ-системы

$$K = k_{\text{эп}} + k_{\text{пр}} + k_{\text{мр}} + k_{\text{тзр}} = 420000 + 28800 + 46200 + 9324 = 504324 \text{ тенге.}$$

4.3 Расчет годовых операционных расходов

Текущие годовые издержки на эксплуатацию.

$$И = I_{\text{ФОТ}} + I_{\text{СН}} + I_{\text{М}} + I_{\text{Э}} + I_{\text{А}} + I_{\text{Н}} \quad (4.1)$$

где $I_{\text{ФОТ}}$ - фонд заработной платы (базовая и вспомогательная заработная плата);

$I_{\text{СН}}$ - социальный налог (11%);

$I_{\text{М}}$ - розничные и материальные затраты (0,5% от потери капитала);

$I_{\text{Э}}$ - производство электрической энергии для целей производства;

$I_{\text{А}}$ - амортизационные отчисления (амортизационные отчисления для этого сектора 5-10%);

$I_{\text{Н}}$ - накладные расходы (косвенные затраты, когда все затраты понесены - управленческие, экономические, расходы на обучение, транспортные расходы). Обычно это составляет 15% от общей суммы убытка.

$I_{\text{Н}}$ - накладные расходы (косвенные расходы, сюда можно отнести все неучтенные расходы - управленческие, хозяйственные, затраты за обучение кадров, транспортные расходы). Обычно это 15 % от суммы всех остальных затрат. Для вычисления заработной платы в таблице 4.1 приведем среднемесячные оклады обслуживающего персонала.

Таблица 4.1 – Среднемесячные оклады обслуживающего персонала

Список персонала	Кол-во	Должностная ставка рабочих, тыс. тенге	З/пл в год рабочих, тыс.тенге
Наладчик	1	60	720
Итого:	1		720

Фонд оплаты труда за год составит:

$$И_{зп} = 1320 \text{ тысяч тенге.}$$

Издержки на социальный налог:

$$И_{сн} = (И_{зп} - 10\% \cdot И_{зп}) \cdot 11\%. \quad (4.2)$$

$$И_{сн} = (1320 - 132) \cdot 0,11 = 130,68 \text{ тысяч тенге.}$$

где 10% - пенсионные отчисления

Издержки на материальные затраты и запасные части (0,5% от капитальных вложений)

$$И_{м} = K \cdot 0,005 = 1,4451 \cdot 0,005 = 7,225 \text{ тыс. тенге}$$

Определение издержек годовых затрат на электроэнергию с учётом потерь (для системы ПЧ - АД):

$$И_{э} = W \cdot И_{yэ} \quad (4.3)$$

где W – годовое потребление электроэнергии ПЧ – АД

$И_{yэ}$ - тариф на электроэнергию,

$$И_{yэ} = 14,36 \text{ тенге/кВт}\cdot\text{ч}$$

N – количество двигателей

Потери электроэнергии:

$$W = P_c \cdot T_r = 1,36 \cdot 1404 = 1909,44 \text{ кВт}, \quad (4.4)$$

где P_c – средние потери активной мощности рассматриваемого элемента электропривода;

T_r – годовое время работы ($T_M - 10\%T_M$).

Средние потери активной мощности:

$$P_c = P_M \cdot \eta = 1,76 \cdot 0,77 = 1,36 \text{ кВт}, \quad (4.5)$$

Максимальные потери активной мощности определяются:

$$P_M = P_{XX} + P_{HH} \cdot K^2 = 0,99 + 1,2 \cdot 0,8^2 = 1,76 \text{ кВт},$$

где P_{XX} – потери холостого хода.

$$P_{XX} = 0,55 \cdot P_H = 0,55 \cdot 1,8 = 0,99 \text{ кВт}, \quad (4.6)$$

P_{HH} – номинальные нагрузочные потери.

$$P_{HH} = 0,67 \cdot P_H = 0,67 \cdot 1,8 = 1,2 \text{ кВт} \quad (4.7)$$

$$I_{\text{Э}} = W \cdot I_{\text{уз}} = 86580 \cdot 14,36 = 1,243 \text{ тыс. тенге.}$$

Издержки на амортизацию:

$$I_A = 1,4451 \cdot 0,05 = 722 \text{ тыс. тенге}$$

Издержки на накладные расходы:

$$I_H = 0,15 \cdot (I_{\text{ЗП}} + I_{\text{СН}} + I_M + I_A) = 0,15 \cdot (720 + 648 + 7,225 + 722) = 0,15 \cdot 2,097 = 315 \text{ тыс. тенге}$$

Найдем текущие годовые эксплуатационные издержки:

$$I = I_{\text{ЗП}} + I_{\text{СН}} + I_M + I_A$$

$$I = 720 + 648 + 722 + 315 = 2,405 \text{ тыс. тенге}$$

4.4 Расчет экономической эффективности

После модернизации управление дистанционным управлением может быть решено, потому что только один специалист может управлять контролем.

Мы оцениваем годовой оклад работников до и после модернизации.

Перед модернизацией мы определяем ремонт и вознаграждение оператора, который работал на барабане

$$I_{\text{ЗП}} = 12 \cdot (I_{\text{ЗПМ}} + I_{\text{ЗПО}}) = 12 \cdot (50000 + 60000) = 1320 \text{ тыс. тенге}, \quad (4.8)$$

Здесь $I_{\text{ЗПМ}}$ - среднемесячная зарплата мастера (60000 тг); $I_{\text{ЗПО}}$ - среднемесячная зарплата оператора (50000 тг);

12 - Число месяцев в году.

Мы рассчитываем годовую заработную плату ремонтного работника $I_{ЗП}$, который работает на сушильной установке после модернизации (средняя месячная зарплата мастера - 75000 тенге):

$$I_{ЗП} = 12 \cdot I_{ЗПМ1} = 12 \cdot 75000 = 900 \text{ мың тенге.} \quad (4.9)$$

Мы рассчитываем заработную плату:

$$\Delta I_{ЗП} = I_{ЗП} - I_{ЗП1} = 1320 - 900 = 420 \text{ мың тенге.} \quad (4.10)$$

Использование ведомого электропривода с микропроцессорным управлением позволяет сэкономить около 12-15% вашего электричества.

Мы рассматриваем годовое потребление электроэнергии регулируемым электроприводом с системой вентиляции HVAC с барабанной сушильной машиной и микропроцессорным управлением в модернизации:

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E} \cdot 0,15 = 799,351 \cdot 0,15 = 119,9 \text{ г / год.} \quad (4.21)$$

В связи с общей модернизацией, сэкономленные средства:

$$\Sigma \mathcal{E}K = \Delta I_{ЗП} + \Delta I_{\mathcal{E}}, \quad (4.22)$$

$$\Sigma \mathcal{E}K = 420 + 119,9 = 539,9 \text{ г / г.}$$

То, что мы видели в расчетах, состоит в том, что финансовые потоки исходят из экономии энергии и экономии на зарплатах сотрудников. Установка автоматизированного частотного регулятора позволяет отказаться от обслуживания оператора сушильной машины, и мы можем сэкономить 420 тысяч тенге на его зарплату. А электропривод с частотными преобразователями будет иметь возможность сэкономить до 15% электроэнергии, 104,947 тыс. Тенге за наличные и общую экономию 539,9 тыс. Тенге в год.

Срок погашения капитала как отрицательный эффект на экономическую эффективность заключается в следующем:

$$T_{OK} = \Sigma K / \mathcal{E}$$

$$T_{OK} = 504,324 / 539,9 = 0,93.$$

Период погашения - это период, в течение которого отрасль может возместить свои расходы, сохранив свою основную деятельность. Техно-экономические расчеты для модернизации сушильного оборудования требуют

в общей сложности 539,9 тыс. Тенге, что может быть оправдано отраслью в течение одного года.

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Анализ условий труда сотрудников цеха

Предмет исследования сушильный агрегат

В дипломном проекте разработан электропривод для обработки растительного сырья, который включает в себя сушильный агрегат с короткозамкнутым ротором мощностью 30 кВт с номинальной частотой вращения 1500 об/мин и частотный преобразователь, работающие на переменном напряжении номиналом $U=380\text{В}$, и переменном токе номиналом $I=60\text{А}$. Номинальная частота электрической сети составляет 50 Гц.

Площадь цеха составляет 2500м^2 , высота потолков составляет 8,5м. Данный завод получает электроснабжение от государственной районной электростанции по воздушной линии ЛЭП с номинальным напряжением 35кВ.

В цех подведена трехфазная электрическая сеть с номинальным напряжением $U=380\text{В}$, а также однофазная сеть с напряжением $U=220\text{В}$ для питания осветительных приборов и системы кондиционирования.

В данном цеху по обработке растительного сырья имеется персонал в количестве 6 человек.

Имеются окна которые выходят на юго-восток и на юго-запад. Количество окон составляет две единицы. Площадь одного окна составляет 172 квадратных метра.

Заполнение объема барабана составляет (20-25%), количество испаряемой в нем влаги (влагонапряжение) при температуре агента сушки 150-200 градусов Цельсия находится в пределах 200-40 кг/м³ в час.

Сушильные агрегаты являются источниками тепла в помещении. Например, некоторые части барабанной установки могут нагреваться свыше 100 °С. Эти источники тепла достаточно серьезно влияют на микроклимат внутри цеха. В летние месяцы работы температура воздуха в помещении может достигать уровня, при котором невозможен комфортный и производительный труд человека. К тому же в любом помещении необходима периодическая замена воздуха. Нормы микроклимата представлены в таблицах 5.1 и 5.2.

По правилам санитарных норм проектирования-СНиП, выделяемые в промышленном помещении любые неблагоприятные элементы, такие как влага и тепло принимаются из расчетов технологической части проектной документации. Если такие данные отсутствуют в технологических нормах проектирования, количество производственных вредных веществ, выделяемых в помещении, допускается принимать, исходя из натуральных собранных фактов исследования. Также искомое значение обозначено в паспортных бумагах приобретенной специализированной техники. Выбросы

токсичных веществ в пространство происходят через сосредоточенные и рассредоточенные устройства обще-обменной вентиляционной системы.

Таблица 5.1 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ	Температура воздуха °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	IIa	19-21	40-60	0,1
Тёплый		20-22	40-60	0,2
Холодный	IIa	17-23	15-75	0,1-0,3
Тёплый		18-27	15-75	0,1-0,4

5.2 Определение потребности кратности воздухообмена в производственном помещении

При выработке требований к системам обще-обменной вентиляции необходимо исходить из необходимости удаления из производственного помещения всех присутствующих вредностей, т. е. избытков тепла, влаги, паров газов и пыли. Система вентиляции должна обеспечить требуемую кратность воздухообмена.

$$n = \frac{L_b}{V_{\Pi}} \quad (5.1)$$

где L_b — количество воздуха, поступающего (или удаляемого) в помещение, м³/ч;

V_{Π} — объем помещения, м³.

В цехах за счет тепловыделений производственного оборудования могут иметь место значительные избытки тепла (разность между тепловыделениями в помещении и теплоотдачей через стены, окна, двери и т. д.), удаление которых прежде всего должны обеспечить системы вентиляции.

При наличии тепло-избытков количество воздуха, которое необходимо удалить из помещения

$$L_b = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_b \cdot \Delta t \cdot \gamma_b} \quad (5.2)$$

где $Q_{\text{изб}}$ — избыточное тепло, ккал/ч;

C_b — теплоемкость воздуха (0,24 ккал/кг °С);

$\Delta t = t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}$;

$t_{\text{ВЫХ}}$ — температура воздуха выходящего из помещения, °С;

$t_{\text{ВХ}}$ — температура воздуха, поступающего в помещение, °С;

$\gamma_{\text{в}} = 1,206 \text{ кг/м}^3$ — удельная масса приточного воздуха.

Величина t при расчетах выбирается в зависимости от тепло-напряженности воздуха.

$$Q_{\text{Н}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{V_{\text{П}}} \quad (5.3)$$

Если тепло-напряженность воздуха $Q_{\text{Н}} \leq 20 \text{ ккал/м}^3 \text{ ч}$, то принимают

$t = 6^\circ \text{С}$, а при $Q_{\text{Н}} > 20$ $t = 8^\circ \text{С}$.

Избыточное тепло определим по формуле

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{р}} - Q_{\text{отд}} \quad (5.4)$$

где $Q_{\text{об}}$, $Q_{\text{осв}}$, $Q_{\text{л}}$ — тепло, выделяемое производственным оборудованием, системой искусственного освещения помещения и работающим персоналом (людьми) соответственно, ккал/ч;

$Q_{\text{р}}$ — тепло, вносимое в помещение солнцем ккал/ч;

$Q_{\text{отд}}$ - теплоотдача естественным путем, ккал/ч.

Тепло, выделяемое производственным оборудованием,

$$Q_{\text{об}} = 860 \cdot P_{\text{об}}, \quad (5.5)$$

где 860 тепловой эквивалент 1 кВт/ч;

$P_{\text{об}}$ — мощность, потребляемая оборудованием, кВт/ч;

Тепло, выделяемое осветительными установками определим по формуле:

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot P_{\text{осв}} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \cos\varphi, \quad (5.6)$$

где $P_{\text{осв}}$ — мощность осветительных установок, кВт;

α — КПД перевода электрической энергии в тепловую (для лампы накаливания 0,92—0,97, для вентиляторов 0,4, для другого оборудования 0,1—0,2);

β — КПД одновременности работы установок в помещении (если работают все установки $\beta = 1$);

$\cos\varphi = 0,7 \div 0,8$ — коэффициент.

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot 1400 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 84280 \text{ ккал/ч}$$

Тепло, выделяемое людьми,

$Q_{\text{л}} = K_{\text{л}} \cdot (q - q_{\text{исп}})$, где $K_{\text{л}}$ — количество работающих;

$(q - q_{\text{исп}})$ — явное тепло (определяется по графикам рисунка 5.1), ккал/ч;

q — тепловыделение одного человека при данной категории работ I - III,

$q_{\text{исп}}$ — тепло, затраченное на испарение тела, ккал/ч.

$$Q_{\text{л}} = K_{\text{л}} \cdot (q - q_{\text{исп}}) = 6 \cdot (120 - 60) = 360 \text{ ккал/ч}$$

Тепло, вносимое солнечной радиацией

$$Q_{\text{р}} = m \cdot F \cdot q_{\text{ост}}, \quad (5.7)$$

где m — количество окон в помещении; F — площадь одного окна, м^2 ;

$q_{\text{ост}}$ — солнечная радиация через остекленную поверхность, т. е.

количество тепла, вносимое за один час через остекленную поверхность площадью 1 м^2 , ккал/ч.

Таблица 5.1 - Солнечная радиация через остеклённую поверхность

Характеристика остеклённой поверхности	Сторона света и широта, град			
	юго-восток и юго-запад			
	35	45	55	65
Окна с двойным остеклением с металлическими переплётами	110	140	160	180

$$Q_{\text{р}} = 2 \cdot 172 \cdot 140 = 48160 \text{ ккал/ч.}$$

Если нет дополнительных условий, то в помещениях с большими теплоизбытками можно считать, что теплоотдача естественным путем через конструкции помещения приблизительно равна количеству тепла, вносимого в помещения солнечной радиацией через окна, т. е. $Q_{\text{отд}} = Q_{\text{р}}$. Для теплого периода года при расчетах можно принять $Q_{\text{отд}} = 0$. 206330, отсюда:

$$Q_{\text{изб}} = 73530 + 84280 + 360 + 48160 - 48160 = 158170 \text{ ккал/ч}$$

для холодного времени;

$$Q_{\text{изб}} = 73530 + 84280 + 360 + 48160 = 206330 \text{ ккал/ч}$$

для теплого времени.

Кратность воздухообмена находим из полученных данных

С учётом полученных данных для поддержания соответствующей чистоты воздуха выбираем два кондиционера серии SDA с расходом воздуха максимум – 3020 м³/ч, минимум – 1940 м³/ч.

5.3 Выбор вентилятора и электродвигателя для рассчитанного воздухообмена

Определим производительность вентилятора, м³/ч:

$$W_B = K_3 \cdot L_k \quad (5.8)$$

где K_3 -коэффициент запаса.

$$W_B = 1,3 \cdot 2400 = 2488,2 .$$

Размер воздуховода выберем из стандартного ряда, учитывая его сечение $S_B = 0,09 \text{ м}^2$. Размер сторон воздуховода

$$A \cdot B = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09$$

Рассчитаем потери на прямых участках воздуховода, Па:

$$L_b = \frac{Q_{изб}}{C_b \cdot \Delta t \cdot \gamma_b} , \quad (5.9)$$

где φ_T -коэффициент, учитывающий сопротивление поверхности металла (для железных труб $\varphi_T = 0,02$);

l_T - длина участка трубы;

Σl_T -сумма прямых участков воздуховода;

$V_{ср}$ – средняя скорость воздуха на рассчитываемом участке воздушной сети, 1,5 м/с;

ρ_B - плотность воздуха, 1 Па;

d_T - принятый диаметр трубы на участке, 0,3 м.

Расчет местных потерь воздуховода Па:

$$H_M = 0,5 \cdot \Sigma \varphi_M \cdot V_{ср}^2 \cdot \rho_B,$$

где $\Sigma \varphi_M$ -сумма местных потерь на поворотах сети воздуховода;

$\varphi_M=1,1$ при угле поворота $\alpha =90^0$.

$$H_M=0,5 \cdot (1,1+1,1) \cdot 1,5^2 \cdot 1=2,475$$

Определим суммарные потери на линии:

$$H_L=H_{п.п}+H_M \quad (5.10)$$

$$H_L=1,56+2,475=4,035$$

Определим условное давление (кгс/м²) для подбора вентилятора $t=20^0C$

$$P_{усл} = P_{раб} \frac{273 + t}{293} * \frac{760}{720} = 32.747$$

где $P_{раб}=30$ кгс/м²- принятое сопротивление.

Зная производительность и условное давление вентилятора, выберем вентилятор, удовлетворяющий нашим требованиям с максимально большим КПД=0,86. Данным условиям удовлетворяет радиальный вентилятор типа Ц 4-70 № 4 с колесом $0,95D_{ном}$, его характеристики в таблице 5.2

Таблица 5.2 - Технические характеристики вентилятора Ц 4-70 № 4

Производительность, м ³ /ч	Условное давление, кгс/м ²	КПД	Частота вращения, об/мин
2500	40	0.86	1370

В точке пересечения линии давление и производительность по характеристике для данного номера вентилятора находим частоту вращения вентилятора, при непосредственной насадке колеса вентилятора на вал электродвигателя, тогда частота вращения вентилятора равна частоте вращения вала электродвигателя.

Определим мощность электродвигателя Вт:

$$P_{дв} = \frac{W_B \cdot P_{раб}}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_B \eta_H}, \quad (5.11)$$

где $\eta_H=1$ - КПД передачи для непосредственной насадки ротора вентилятора на вал электродвигателя.

$$P_{уст}=P_{дв} \cdot K_з, \quad (5.12)$$

$$P_{уст}= 0,43 \cdot 1,1=0,473$$

Выберем электродвигатель 4А71А4, характеристики сведём таблицу 5.3:

Таблица 5.3 - Характеристики электродвигателя 4А71А4

Мощность, кВт	Напряжение, В	Масса, кг	Обороты двигателя, об/мин
0,55	380	31	1370

Данный тип вентилятора и электродвигателя удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям, обеспечивают требуемую предельно-допустимую концентрацию вредных веществ в рабочем помещении.

5.4 Расчет общей системы вентиляции

Определяем воздухообмен явного тепла, м³/ч:

$$G_{\text{я}} = \frac{Q_{\text{я}}}{c * (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})} \quad (5.13)$$

где $Q_{\text{я}}$ – выделение явного тепла, Вт;
 c – теплоемкость сухого воздуха, удаляемого обще обменной вентиляцией и подаваемого в помещение,

$t_{\text{ух}}=23$ °С, $t_{\text{пр}}=20$ °С.

Явное выделяемое тепло, рассчитаем по формуле

$$Q_{\text{я}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 , \quad (5.14)$$

где Q_1 – тепловыделение от аппаратуры;

Q_2 – тепловыделение от источников освещения; Q_3 – тепловыделение от людей;

Q_4 – теплопоступление от солнечной радиации сквозь окна (в связи с тем, что помещение ЛАЦ находится в подземном бункере $Q_4=0$).

Тепловыделение от аппаратуры рассчитаем по формуле

$$Q_1 = \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3 \times \psi_4 \times N_{\text{ном}} , \quad (5.15)$$

где ψ_1 -коэффициент использования установочной мощности;

ψ_2 - коэффициент загрузки;

ψ_3 - коэффициент одновременной работы аппаратуры;

ψ_4 - коэффициент ассимиляции тепла воздуха помещения при переходе в тепловую энергию;

$N_{ном}$ – номинальная мощность всей аппаратуры.

При ориентировочных расчетах принимают произведение всех четырех коэффициентов равным 0,25.

Тепловыделение от источников освещения, Вт:

$$Q_2 = \varphi * N_{осн}$$

где φ - коэффициент учитывающий количество энергии переходящей в тепло, $\varphi = 0,8$;

$N_{осв}$ – мощность осветительной установки цеха (9 лампы по 65Вт каждая).

Тепловыделение от людей:

$$Q_3 = 5 \times 116 = 580$$

где n – число работающих;

q – теплотери одного человека, равные 80-116 Вт. Явное выделяемое тепло:

$$Q_{я} = 750 + 672 + 580 + 5320 = 7322 .$$

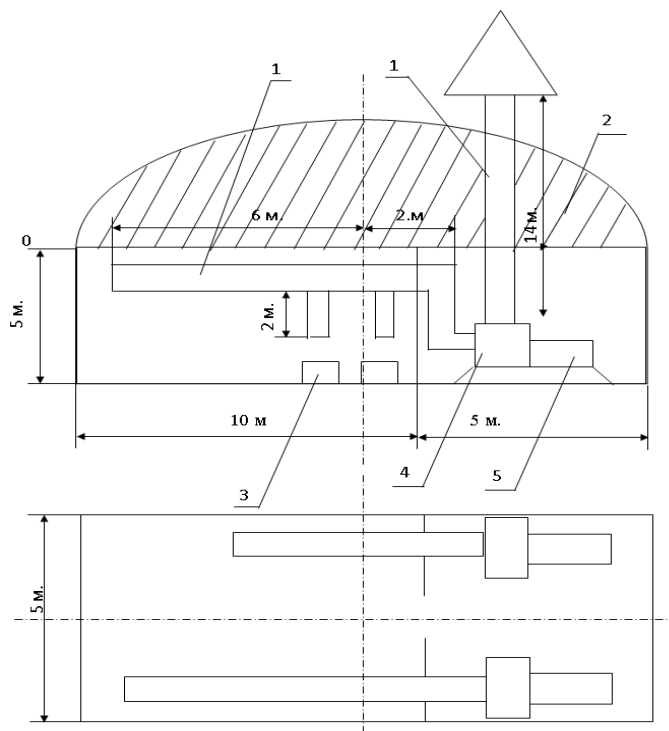


Рисунок 5.3 – Схема вентиляции цеха.

Определяем воздухообмен явного тепла, м³/ч :

$$G_{\text{я}} = \frac{3548}{1 \cdot (23 - 20)} = 1182$$

Находим производительность вентилятора, м³/ч:

$$W_{\text{в0}} = k_3 \times G_{\text{я}}$$

где k_3 – коэффициент запаса, $k_3 = 1,3 - 2,0$

$$W_{\text{в0}} = 2 \times 1182 = 2364$$

Произведённые расчёты воздухообмена явного тепла и производительности вентилятора показали, что для общей вентиляции цеха можно использовать Электродвигатель, вентилятор, воздухопровод.

На рисунке 5.3 показана схема вентиляции цеха.

Вывод по разделу безопасность жизнедеятельности

В дипломном проекте рассматривается производственная санитария и гигиена труда. Следует обратить внимание на безопасность и экологичность технологического оборудования и факторы, воздействующие на организм человека, возникшие в процессе эксплуатации технологического оборудования, находящегося в рабочем помещении. В рассматриваемом цеху осуществляется просушка сырья, вследствие чего выделяется много пыли, которая негативно отражается на здоровье обслуживающего персонала. Для улучшения условий труда были произведены расчеты по вентиляции рабочего цеха.

Произведённые расчёты воздухообмена явного тепла и производительности вентилятора показали, что для общей вентиляции помещения цеха можно использовать Электродвигатель, вентилятор, воздухопровод.

Заключение

В дипломном проекте была разработана система управления электроприводом барабанного сушильного агрегата, по схеме преобразователь частоты - асинхронный двигатель. Рассчитан и выбран двигатель типа АИР 160S6 для механизма сушильного агрегата, преобразователь частоты на базе АИН. Разработана математическая и виртуальная модели предлагаемого электропривода. Исследование виртуальной модели в среде Matlab показало хорошее качество переходных процессов, которые удовлетворяют требованиям технологического процесса.

Следует обратить внимание на безопасность и экологичность технологического оборудования и факторы, воздействующие на организм человека, возникшие в процессе эксплуатации технологического оборудования, находящегося в рабочем помещении. В рассматриваемом цеху осуществляется просушка сырья, вследствие чего выделяется много пыли, которая негативно отражается на здоровье обслуживающего персонала. Для улучшения условий труда были произведены расчеты по вентиляции рабочего цеха.

Произведённые расчёты воздухообмена явного тепла и производительности вентилятора показали, что для общей вентиляции помещения цеха можно использовать Электродвигатель, вентилятор, воздухопровод.

В результате проведенного сравнения видно, что вариант электропривода с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором и преобразователем частоты экономически целесообразней, чем асинхронный двигатель без регулирования, так как время окупаемости внедряемого электропривода меньше нормативного.

Электропривод с частотно управляемым электродвигателем позволяет осуществлять более качественную просушку зерна и обеспечивает большую производительность. Кроме того, возможен экономический эффект от следующих факторов:

- а) Экономия сырья за счет более точного ее расхода в зависимости от потребности;
- б) Экономия от простоя оборудования за счет снижения аварийности в результате порывов в сети (снижение избыточного давления, нагрузки на цех с оборудованием).

Список литературы

1. Дубовский А.К. Сушилки и установки активного вентилирования зерна. М.: «Агрономия», 2008. – 228 с.
2. Сыромятников И.А. Режимы работа асинхронных и синхронных двигателей. – М.: Энергоатомиздат, 2006.
3. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химикотехнологического и природоохранного оборудования. Справочник в 2х томах. – М.: Калуга, 2002. – 1017 с.
4. Кошевой Е.П. Технологическое оборудование предприятий производства растительного масла. – М.: ГИОРД, 2003. – 364 с.
5. Корягин А.А. Сушильные аппараты и установки. – М.: Цинтихимнефтемаш, 2004. – 73 с.
6. Пешков Д.В. диссертация на соискание ученой степени к.т.н Разработка и исследование частотного асинхронного электропривода на базе инвертора тока, Липецк 2013
7. Чернавский С.А. Проектирование механических передач. – М.: Машиностроение, 1999.
8. Нагорнов С.А., Дворецкий Д.С., Романцова С.В., Таров В.П. Техника и технологии производства растительных масел. – М.: ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 90 с.
9. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. – М.: Колос, 2003. –206 с.
10. Белобородов В.В. Основные процессы производства растительных масел. – М.: Пищевая промышленность, 2015. – 478 с.
11. Копейковский В.М. Технология производства растительных масел. – М.: Легкая пищевая промышленность, 2017. – 410 с.
12. Винокуров К.В. Элеваторы, склады, зерносушилки. – М.: Саратов, 2008. – 88 с.
13. Баум А.Е. Сушка зерна. – М.: Колос, 2011. – 165 с.
14. Комышник Л.Д., Журавлев А.П. Сушка и хранение семян подсолнечника. – М.: Агропромиздат, 2010. – 93 с.
15. Москаленко В.В. Электрический привод. – М.: Академия, 2007. – 356 с.
16. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. – М.: Энергоиздат. 2004. – 570 с.
17. Мустафин М.А., Мустафин Е.М. Энергосберегающие системы электропривода центробежных насосных агрегатов. – Алматы, 2001. – 248 с..
18. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: Академия, 2010. – 657 с.
19. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 2004. – 484 с.

20. Козярук А.Е. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов. – 2013. – 87 с.
21. Современный частотно-регулируемый электропривод / Горбань Р.Н., Янукович А.Т. – под редакцией Гаврилова А.В. – С-Петербург, СПЭК. 2003.
22. Доцковский Л.Х., Роговой В.И. и др. Современное состояние и тенденции в асинхронном частотно-регулируемом электроприводе (краткий аналитический обзор) / Электротехника. 2009 г. № 10.
23. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 224 с.
24. Кацман М.М. Электрический привод. – М.: Академия, 2005. – 384 с.
25. Кацман М.М. Электрические машины. – М.: Академия, 2007. – 496 с.
26. Онищенко Г.Б. Электрический привод. – М.: Академия, 2006. – 288 с.
27. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Академия, 2006. – 270 с.
28. Закон «О безопасности и охране труда» от 28.02.2004г., № 528.
29. Сулейменов А.Т., Умбетов У.У. и др. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда в промышленности. - Шымкент: ЮКГУ им М.Ауезова, 2009. - 205с.
30. Куценко Г.И., Жашкова И.А. Основы гигиены труда в производственной санитарии М.: Высшая школа, 2008.
31. Кнорринг Г.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. -Л.:Энергия, 2004.
32. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха - М: Стройиздат,2008.
33. Охрана труда. Нормативные требования, организация охраны труда на предприятиях, сертификация рабочих мест и производственных объектов, административная и уголовная ответственность. - М.:ПРИОР, 2007.
34. Белов СВ., Морозова Л.Л., Сивков В Л Безопасности жизнедеятельности. - М..ВАСОТ, 2004.
35. Артамонова В.Г., Шаталов Н.Н. Профессиональные болезни. - М:Медицина, 2007.
36. Ардасенов В.Н. Средства индивидуальной защиты работающих на производстве. Каталог-справочник. - М.:Профиздат, 2008.
37. Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция. - Л: Судостроение,2007.
38. Дворянчиков Б.А. Стандартизация в области охраны труда. – М.: Стандарты, 2003.
39. Юдин Е.Я., Борисов Л.А., Горенштейн И.В. Борьба с шумом на производстве. Справочник. -М.:Машиностроение, 1985.
40. Сабиров М.Г. Охрана труда в вычислительных центрах.- М.: Машиностроение, 2009.
41. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности - наука о выживании в техносфере. - М.:ВИНИТИ, 2006.

42. Реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов: Справочник в 2т. - М.: Стандартгов, 2005.
43. Белов С.В., Барбинов Ф.А., Козьяков А.Ф. Охрана окружающей среды, 2009.
44. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда, 2008. - 576с.
45. Занько Н.Г., Корсаков Г.А.. Безопасности жизнедеятельности. - С.П.: Петербургская лесотехническая академия, 2006.
46. Сологян И.Х. Метрологическое обеспечение безопасности труда. – М.: Стандарты, 2009.
47. Русак О.Н. Введение в охрану труда. - Л.: Ленинградская лесотехническая академия, 2004.
48. Хлопков В.В., Маслов А. А. Организация охраны труда. Практические рекомендации. – М: Богородский печатник, 2004.
49. Сулейменов А.Т., Назарбекова С.П. и др. Безопасность жизнедеятельности и защиты населения в ЧС.-Шымкент, ЮКГУ им М. Ауезова, 2007.- 238 стр.