

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Н.И. Горбачевский, Р.Н. Ганиев

ЭЛЕКТРОПРИВОД В НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**Нижекамск
2015**

УДК 621.313

Г 67

Печатается по решению редакционно-издательского совета НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ»

Рецензенты:

Макаров В.Г., заведующий кафедрой ЭПиЭТ КНИТУ,
доктор технических наук;

Султанов И.Р., начальник отдела энергослужбы
завода шин «ЦМК» УК «Татнефтьнефтехим».

Горбачевский Н.И., Ганиев Р.Н.

Г 67 Электропривод в нефтехимических предприятиях: учебно-методическое пособие / Н.И. Горбачевский, Р.Н. Ганиев. – Нижнекамск : НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2015. – 114 с.

В учебно-методическом пособии изложена методика и технология проведения лабораторных работ по дисциплине «Электропривод в нефтехимических предприятиях», проводимой на кафедре «ЭТЭОП» НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», а также представляют интерес для специалистов в области промышленной электроэнергетики.

Подготовлено на кафедре электротехники и энергообеспечения предприятий Нижнекамского химико-технологического института.

УДК 621.313

© Горбачевский Н.И., Ганиев Р.Н., 2015
© НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ «MITSUBISHI FR-A740»	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПО СИСТЕМЕ УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА-АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ	27
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ВАЛЬЦЕВ	43
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ Q-H-ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДРОССЕЛИРОВАНИЕМ И ИЗМЕНЕНИЕМ СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА	53
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ OMRON	63
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА	79
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С СЕРВОДВИГАТЕЛЕМ	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	113

ВВЕДЕНИЕ

Повсеместное внедрение автоматизированного частотно-регулируемого электропривода в различных технологических комплексах нефтехимической промышленности, а также возрастающие требования к регулировочным характеристикам конкретных систем, повышают требования к электротехническому персоналу, обслуживающему системы автоматизированного электропривода.

В рассматриваемом контексте необходимо повышать уровень компетентности при подготовке бакалавров, которые после окончания института будут заниматься современными системами автоматизированного электропривода.

Данное учебно-методическое пособие позволит студенту приобрести навыки наладки и эксплуатации систем электропривода. Таким образом объединить теоретические знания и практические приемы.

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ «MITSUBISHI FR-A740»

Цель работы. Изучение принципа действия преобразователя частоты со звеном постоянного тока, приобретение навыков наладки преобразователя и ознакомление с режимами управления, основными параметрами, защитными функциями, а также дополнительными и сервисными возможностями.

Основные теоретические сведения и технические параметры

Преобразователи частоты (ПЧ) предназначены для преобразования переменного напряжения одной частоты в переменное напряжение другой частоты. Преобразователи частоты для частотно-регулируемых электроприводов преобразуют электроэнергию, поступающую из сети переменного тока, в электроэнергию с меняющейся по заданным законам частотой и напряжением.

Преобразователи частоты по построению могут быть разбиты на два типа:

а) преобразователи частоты с явно выраженным промежуточным звеном постоянного тока;

б) преобразователи частоты с непосредственной связью (без промежуточного звена постоянного тока).

В частотных преобразователях со звеном постоянного тока напряжение сети сначала выпрямляется с помощью выпрямителя, а после того инвертируется в переменное напряжение необходимой частоты. Таким образом, происходит преобразование энергии в две ступени. Сначала переменный ток преобразуется в постоянный, а затем постоянный преобразуется в переменный ток. Сам частотный преобразователь представляет собой комбинацию выпрямителя с промежуточным звеном постоянного тока и автономного инвертора.

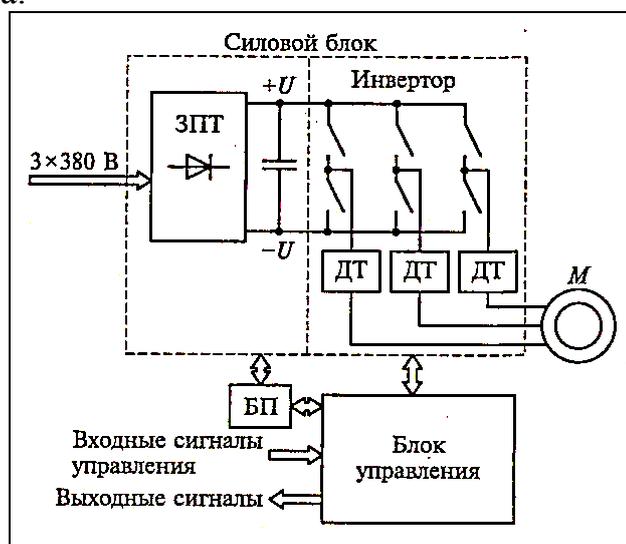


Рис.1.1. Структурная схема ПЧ

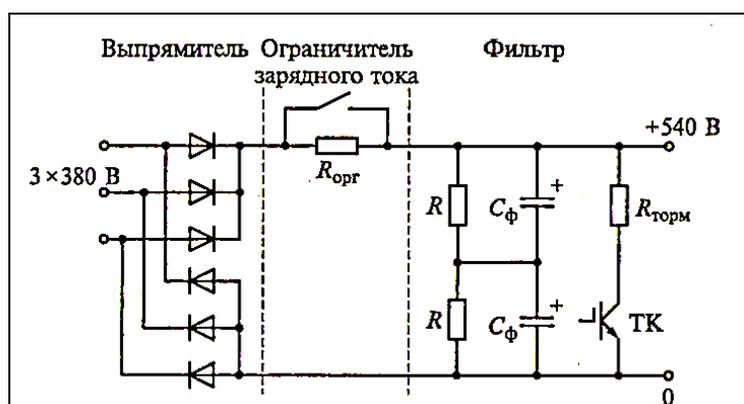


Рис.1.2. Принципиальная схема звена постоянного тока (ЗПТ) преобразователя частоты

Преобразователь состоит из следующих основных частей: звена постоянного тока ЗПТ, содержащего неуправляемый выпрямитель с фильтром (рис. 1.2); мостового трехфазного инвертора, выполненного на IGBT-приборах; системы управления; блока питания БП; датчиков тока ДТ. Выпрямитель осуществляет преобразование трехфазного переменного напряжения сети питания в выпрямленное напряжение постоянной амплитуды 540 В.

Инвертор посредством широтно-импульсного модулирования управления транзисторными ключами преобразует постоянное напряжение в переменное квазисинусоидальное регулируемой частоты f и амплитуды U . Через цепь постоянного тока передается активная мощность из сети к двигателю. Для циркуляции реактивной мощности, которая необходима для создания электромагнитного поля асинхронного двигателя, образуется цепь: обмотки статора двигателя — обратные диоды, шунтирующие транзисторные ключи — конденсаторы фильтра. При запираии ключей индуктивные токи замыкаются через диоды на конденсатор фильтра, не вызывая перенапряжений.

Транзисторные ключи управляются драйверами, которые осуществляют гальваническую развязку силовых цепей от цепей управления и защиту транзисторов.

Блок микропроцессорного управления включает в себя программируемый контроллер (ПК), аналого-цифровые (АЦП) и цифроаналоговые (ЦАП) преобразователи и пульт управления. Контроллер осуществляет широтно-импульсную модуляцию выходного напряжения преобразователя, у которого амплитуда напряжения зависит от частоты.

Принцип работы частотного преобразователя

Типичная схема электропривода с инвертором напряжения на полностью управляемых приборах дана на рис. 1.3. Схемной особенностью инвертора напряжения является наличие обратных диодов $VD1... VD6$ и фильтрового конденсатора C .

В отличие от инверторов тока, для которых характерным является работа в каждый момент времени по одному вентилю в анодной и катодной группах, в инверторах напряжения более целесообразна одновременная работа двух вентилях в одной группе и, одного вентиля в другой группе. При этом

продолжительность работы каждого вентиля составляет π . Допустим, что в некоторый момент времени работают транзисторные ключи $VT1$, $VT2$ и $VT6$. Тогда ток протекает по всем трем фазным обмоткам двигателя, причем $2/3$ напряжения U_d прикладывается к фазе a и к двум параллельно включенным фазам b и c (рис. 1.4). При запираии транзисторного ключа $VT6$ (см. рис. 1.3) и включении транзисторного ключа $VT3$ ток в фазе b не может мгновенно измениться и замыкается через диод $VD3$ на конденсатор C , чем обеспечивается циркуляция реактивной мощности между обмотками двигателя и конденсатором C . После включения транзисторного ключа $VT4$ ток будет протекать по параллельно включенным фазам a и c и по фазе b и т.д. Линейное $U_{ав}$ и фазное U_a напряжения, прикладываемые к обмоткам двигателя, будут иметь форму, показанную на рис. 1.4.

Требуемая выходная частота определяется частотой переключения вентиля инвертора и задается каналом регулирования частоты. Регулирование выходного напряжения может выполняться двумя способами:

1) посредством управляемого выпрямителя на входе инвертора, с помощью которого регулируется U'_d ;

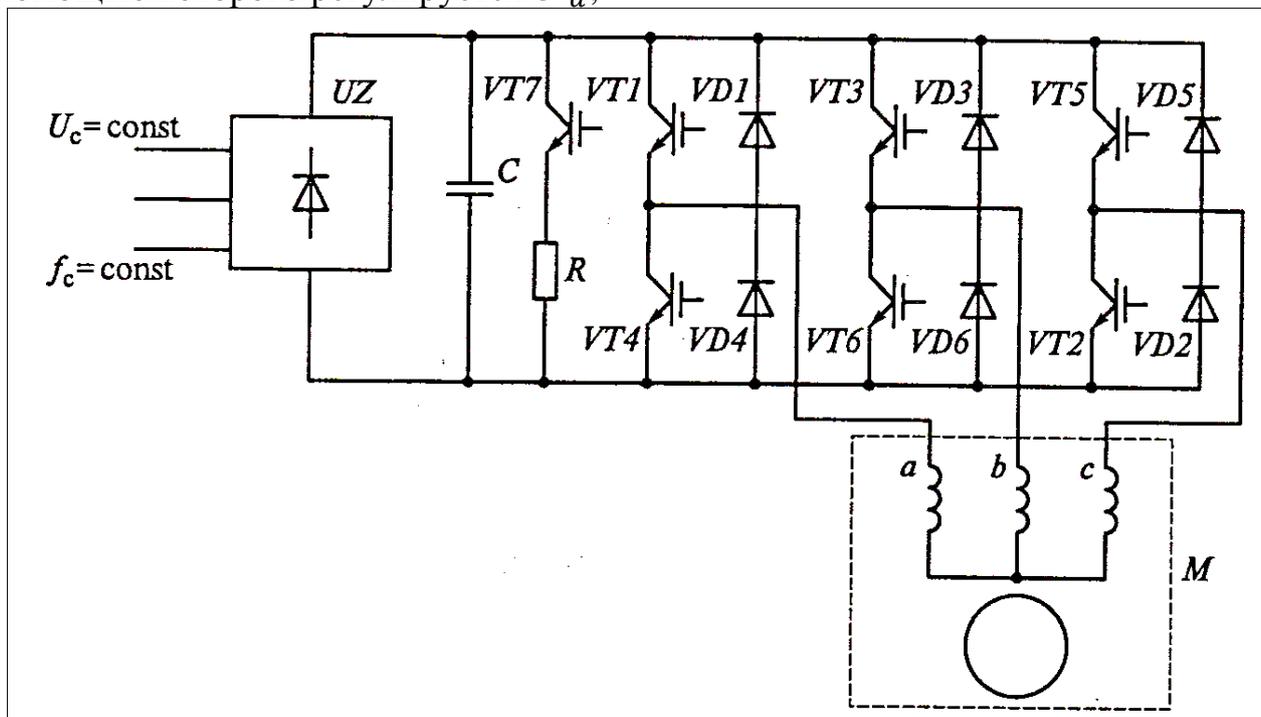


Рис.1.3. Схема частотного асинхронного электропривода с транзисторным инвертором напряжения

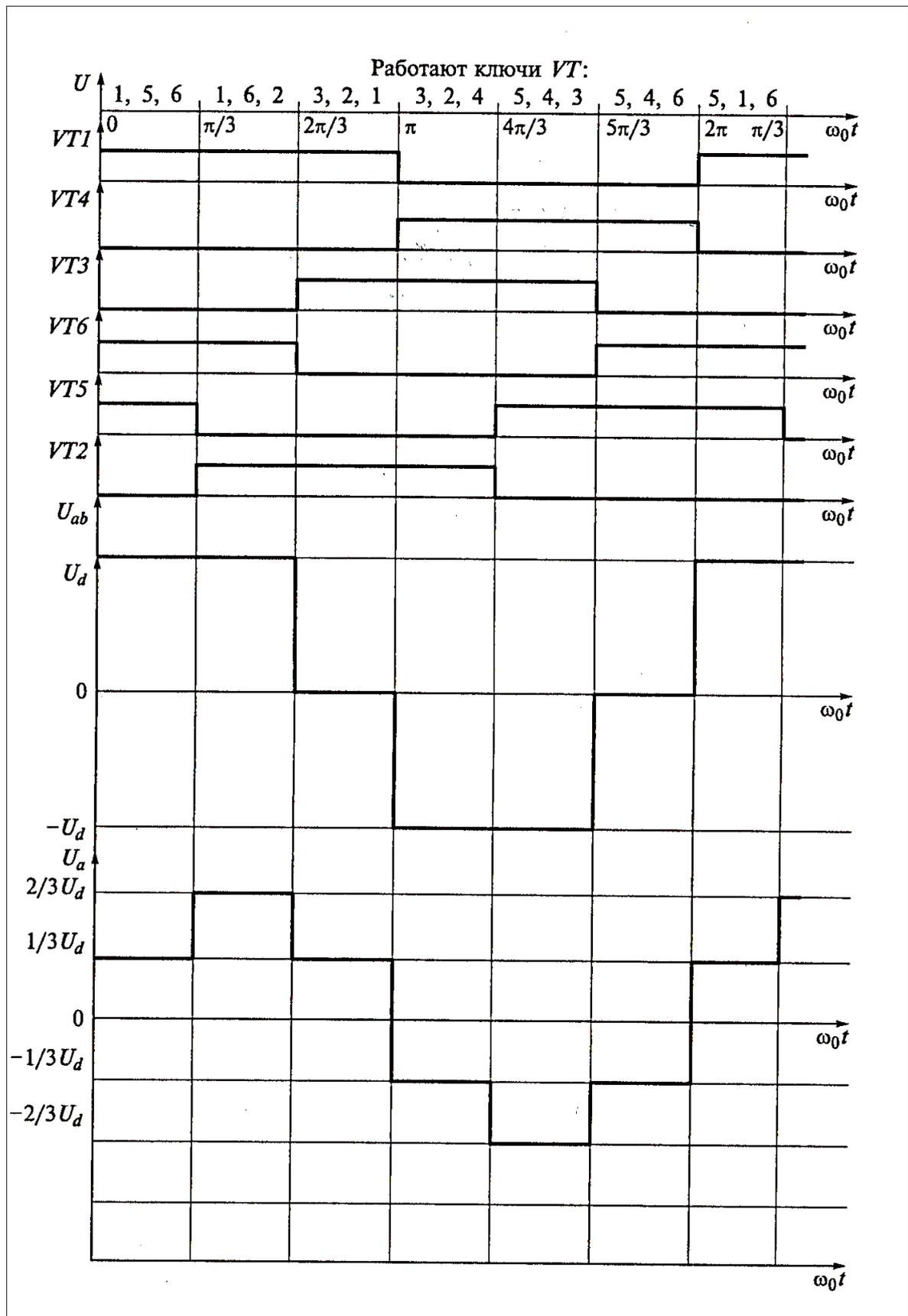


Рис.1.4. Диаграмма работы ключей VT1... VT6 и эпюры линейного и фазного напряжений

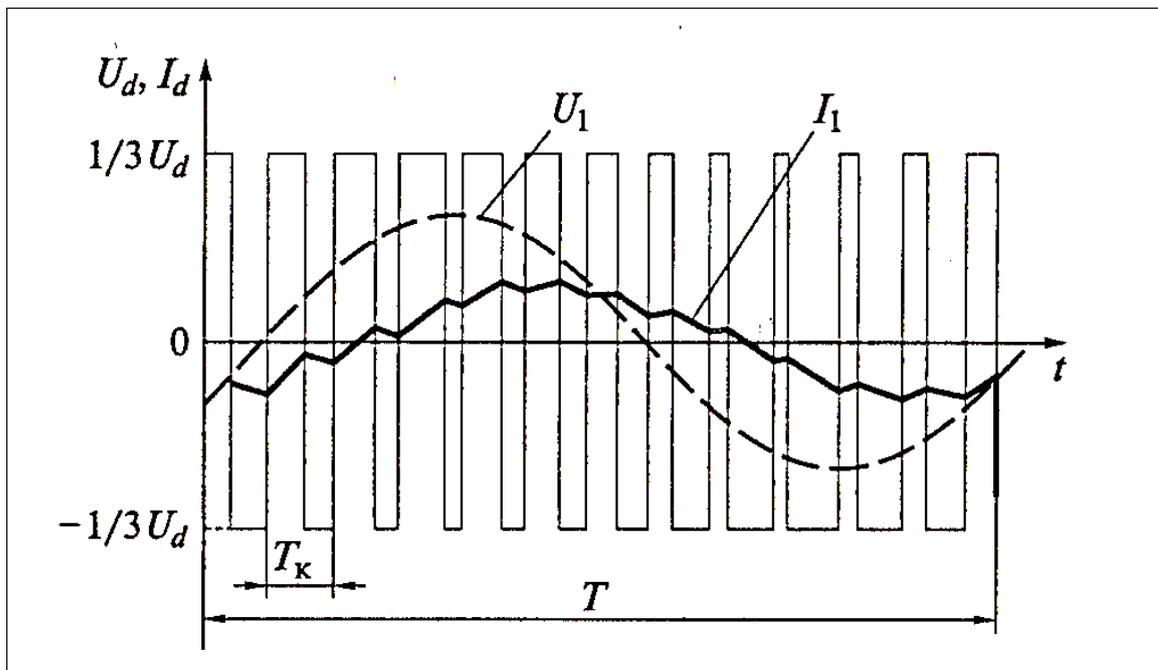


Рис. 1.5. График, поясняющий принцип широтно-импульсной модуляции напряжения и тока фазы автономного инвертора напряжения: U_1, I_1 — фазные соответственно напряжение и ток статора; U_d — напряжение питания; T_k — период ШИМ; T — период частоты выходного напряжения

2) использованием способа широтно-импульсного регулирования, осуществляемого вентилями инвертора; в этом случае входной выпрямитель может быть неуправляемым.

Первый способ характеризуется двумя недостатками: ступенчатой формой выходного напряжения (см. рис. 1.4) и низким коэффициентом мощности преобразователя.

Более эффективным является второй способ. При широтно-импульсном способе регулирования (рис. 1.5) возможно не только регулирование среднего напряжения за период, но и коррекция формы выходного напряжения U_1 . Такое регулирование называют широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Она основана на принципе широтно-импульсного регулирования.

Так как при двухполярной коммутации выходное напряжение преобразователя:

$$U_{\Pi} = \frac{U_d}{2} \cdot (2\gamma - 1) \quad (1.1)$$

то, регулируя непрерывно скважность γ по синусоидальному закону

$$\gamma = \frac{1}{2U_1} \cdot (\sin 2\pi ft + 1) \quad (1.2)$$

можно получить среднее фазное напряжение, также изменяющееся по синусоиде.

Изменяя с помощью системы управления амплитуду U_1 можно регулировать выходное напряжение преобразователя. При использовании инверторов напряжения для реализации режима рекуперативного торможения асинхронного двигателя необходимо на входе устанавливать реверсивный

преобразователь с двумя группами вентиляей, что усложняет схему преобразователя и снижает ее надежность. Поэтому в инверторах напряжения обычно предусматривают разрядный резистор R (см. рис. 1.3), который подключается в режиме торможения транзисторным ключом $VT7$ и в котором рассеивается энергия торможения.

Описание лабораторной установки

Электрическая принципиальная схема лабораторной установки приведена на рис.1.7.

Установка состоит из общепромышленного двухзвенного преобразователя частоты со звеном постоянного тока с подключенным к нему асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.

Параметры преобразователя частоты MITSUBISHI FR-A740:

- номинальная мощность 5.5 кВт;
- номинальный ток 12 А;
- номинальное напряжение 380 В;
- выходная частота 0.2-400 гц.

Параметры АДКЗР:

- номинальная мощность 2.2 кВт;
- номинальный ток 2.9 А;
- номинальная скорость вращения 1500 об/мин.



Рис.1.6. Лабораторный шкаф
(г. Нижнекамск, НХТИ, корпус А, каб.128)

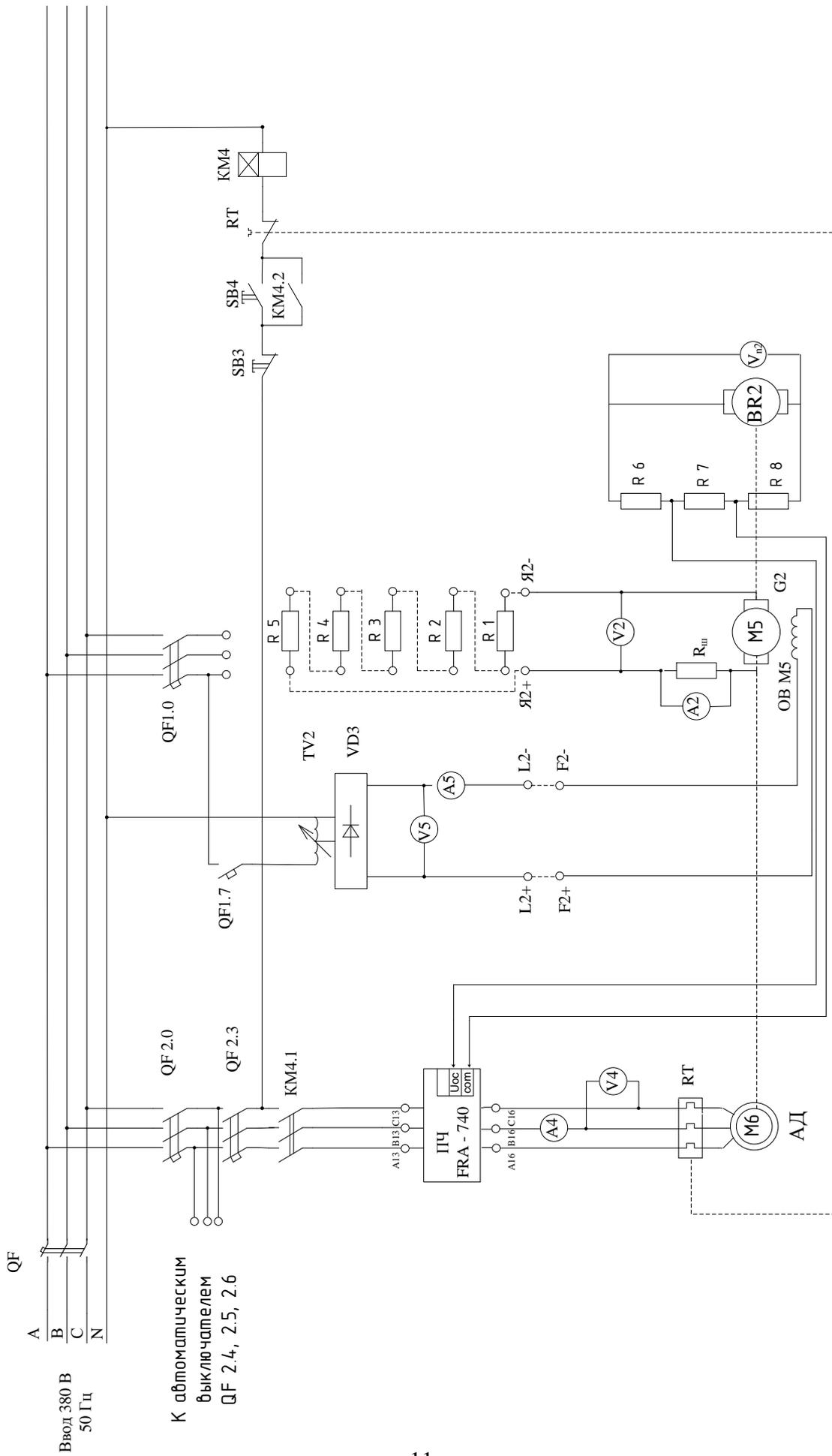


Рис.1.7. Схема лабораторной установки

Программа работы

1. Ознакомиться с принципом действия и устройством преобразователя частоты; записать его паспортные данные и данные асинхронного двигателя, используемого в работе.

2. Совместно с лаборантом собрать схему для выполнения лабораторной работы, изучить силовую схему и управляющие части.

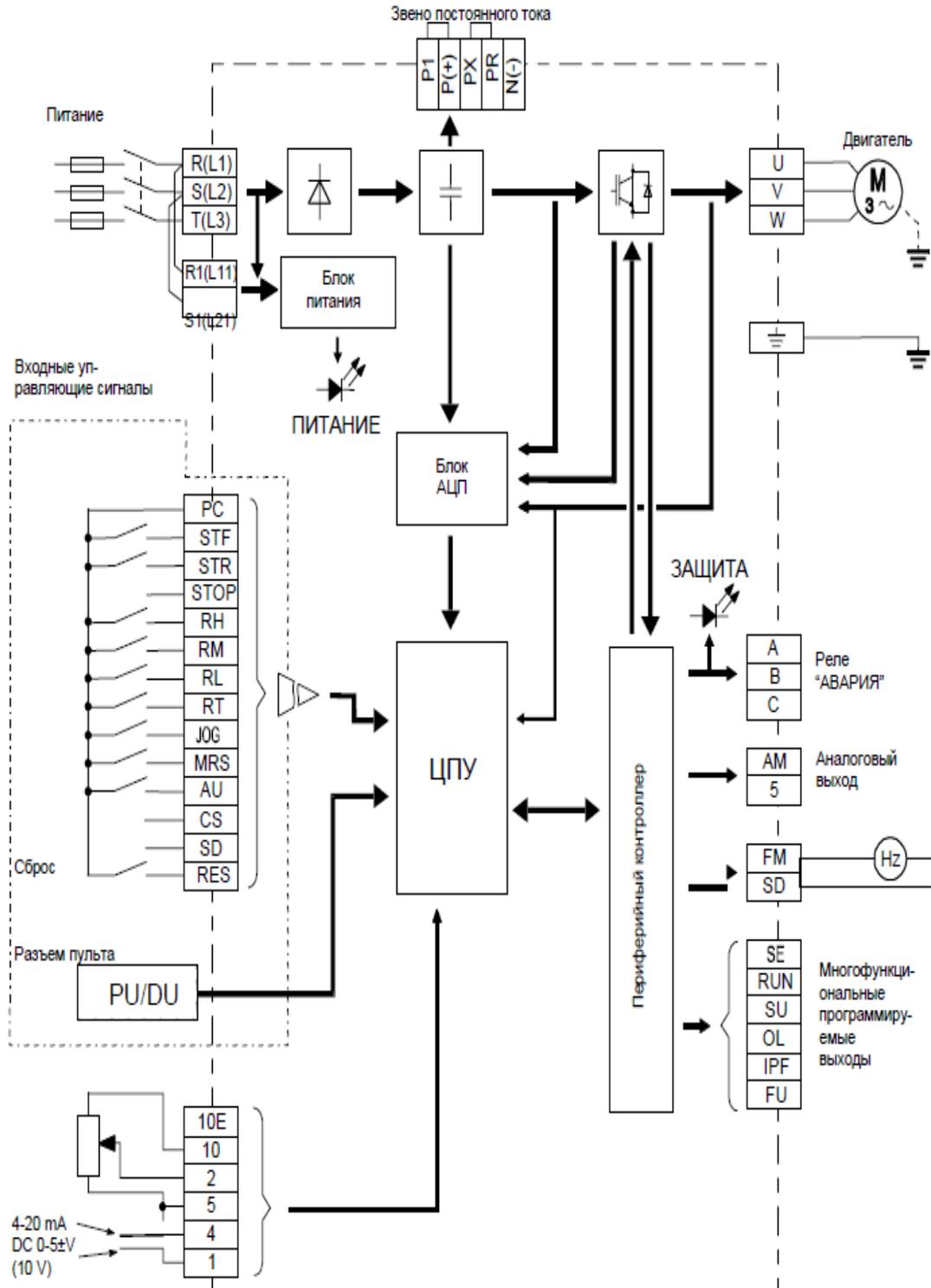


Рис. 1.8. Схема частотного преобразователя FR-A740

3. Выполнить параметрирование преобразователя и настроить электропривод на заданное ускорение, осуществить пуск, реверс, останов двигателя при различных режимах управления; снять осциллограмму на выходных клеммах преобразователя.

Включение питания

Перед включением проверьте:

- 1) правильность установки и подсоединения всех компонентов. Убедитесь в правильности установки преобразователя;
- 2) проверка соединений;
- 3) убедитесь, что силовые и управляющие цепи подсоединены правильно;
- 4) убедитесь в том, что опции и внешние устройства подключены правильно (смотреть рис. 1.8);
- 5) включите питание. Питание подключено, если горят светодиод POWER и дисплей.

Описание пульта управления

С пульта управления можно задавать частоту вращения, выдавать команды управления, устанавливать и копировать параметры, получать информацию о сбоях в работе.

Назначение и функции пульта управления FR-DU04.

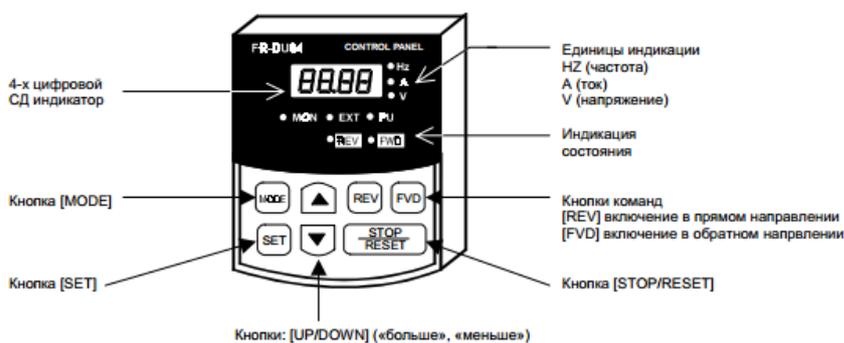


Рис. 1.9. Описание пульта управления

Изменения показаний дисплея после нажатия кнопки [MODE]

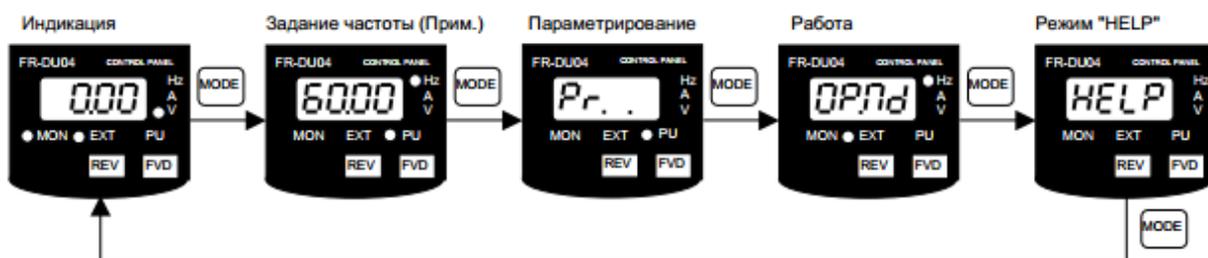


Рис.1.10. Функции кнопок

1. Режим индикации

- Индикация рабочих команд

Горит светодиод EXT – управление "внешними сигналами"

Горит светодиод PU - "управление с пульта"

Горят оба светодиода (EXT/PU) - "комбинированное управление"

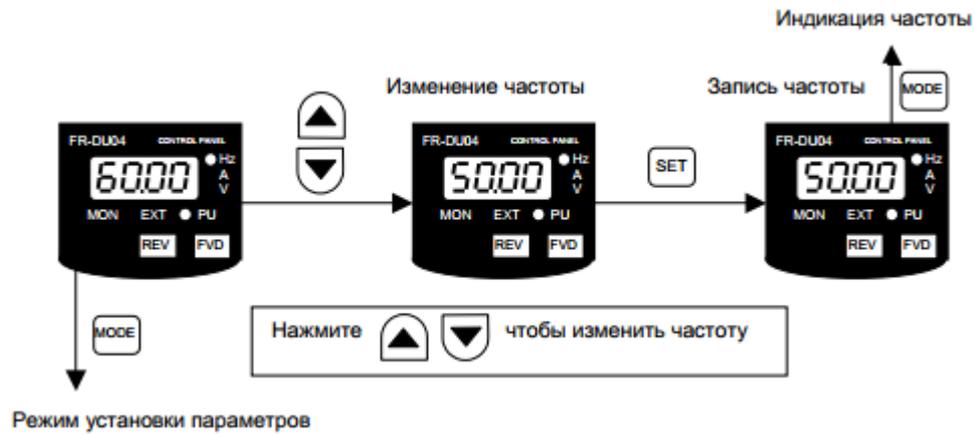


Рис. 1.12. Режим задания частоты

3. Режим установки параметров

- Установка номера параметра может осуществляться с помощью последовательного нажатия кнопок [UP/DOWN], либо с помощью ввода каждой цифры номера параметра.
- Для записи параметра, измените его значение и нажмите кнопку [SET] примерно на 1,5 Сек. При этом запишите "0" или "4" в Пар. 79 или установите режим управления с пульта.

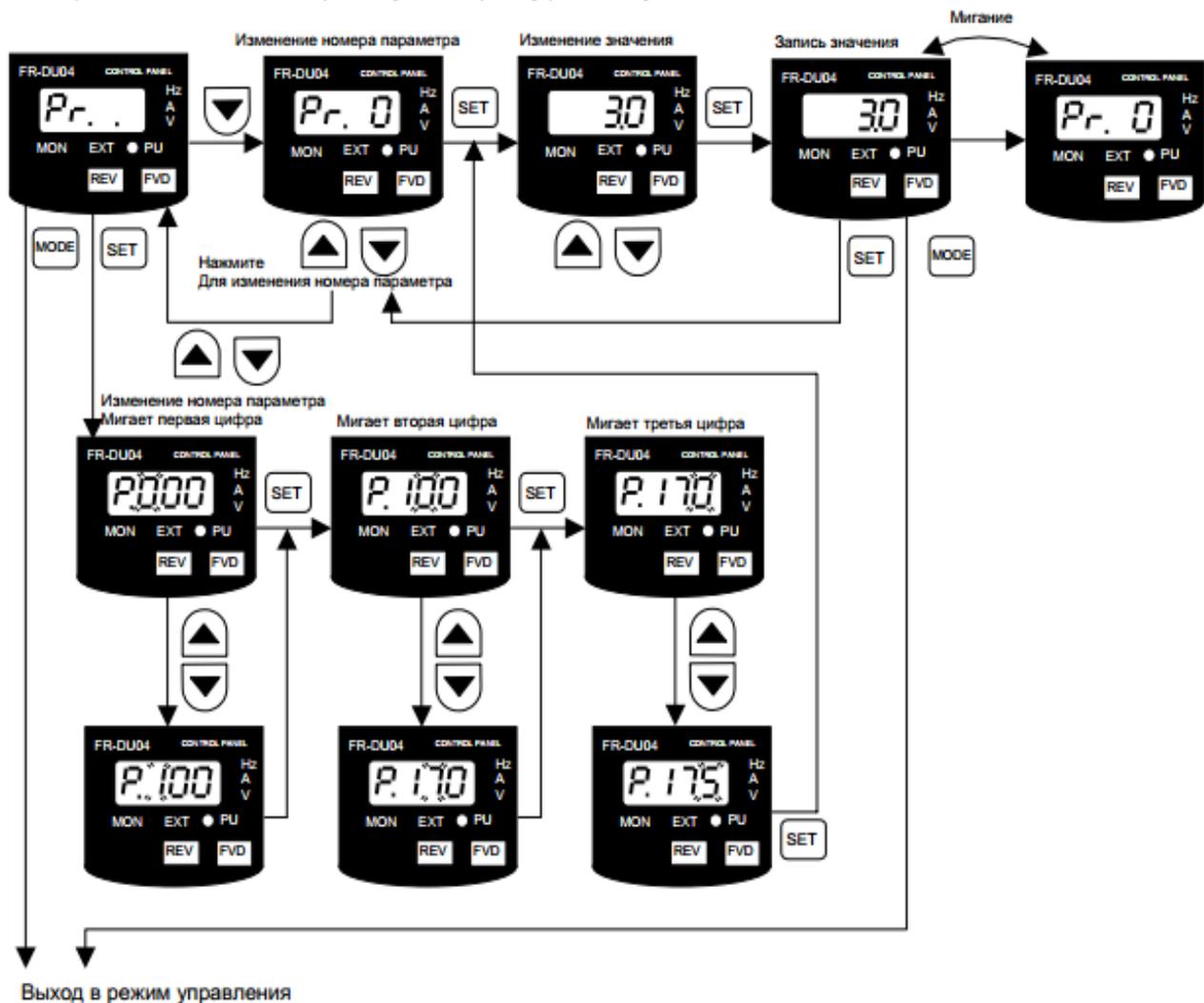


Рис. 1.13. Режим установки параметров

4. Режим управления

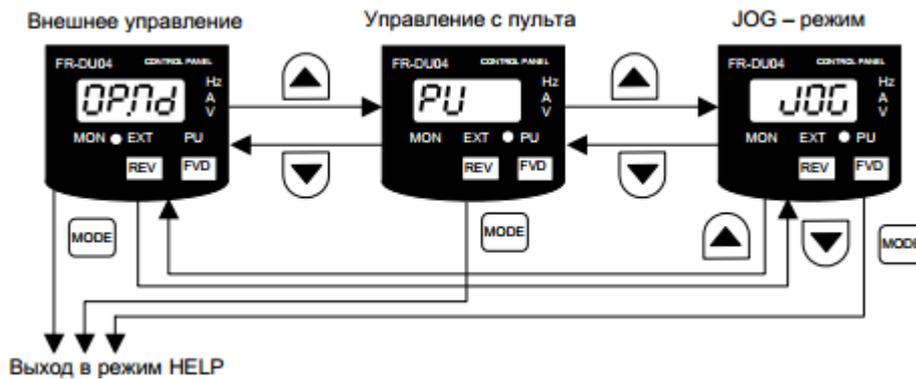


Рис.1.14. Описание пульта управления

5. Режим HELP

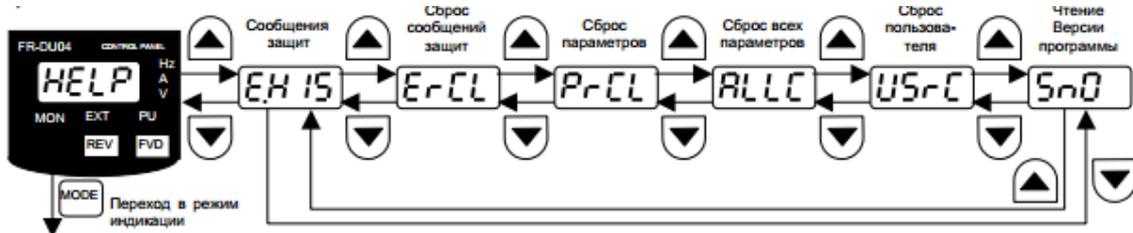
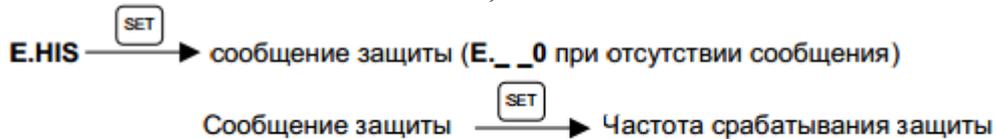


Рис.1.15. Сообщения о срабатывании защит

Последние четыре аварийных сообщения индицируются при нажатии кнопок [UP/DOWN] ("." - знак последнего сообщения).



- Сброс сообщений о срабатывании защит

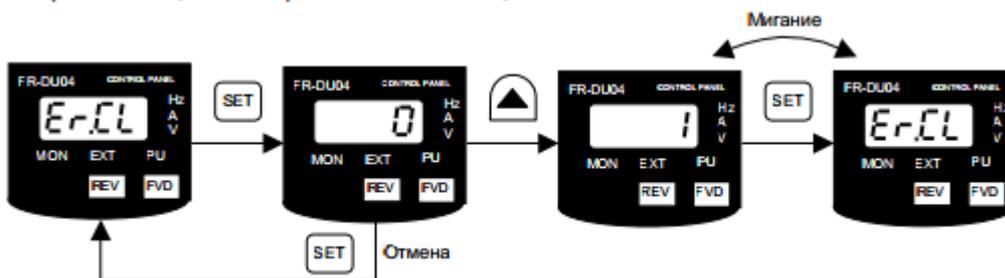


Рис.1.16. Сброс параметров

Параметры устанавливаются на заводские значения. Параметры калибровки не изменяются.
(При установке "1" в Пар.77 сброс не осуществляется).

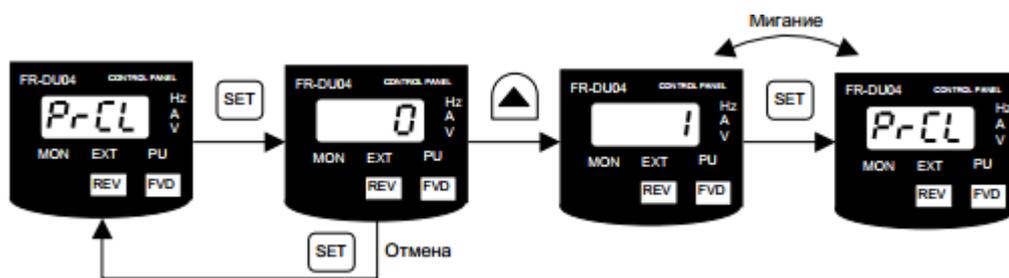


Рис.1.17. Сброс всех параметров

Все параметры, включая калибровочные, сбрасываются на заводские значения.

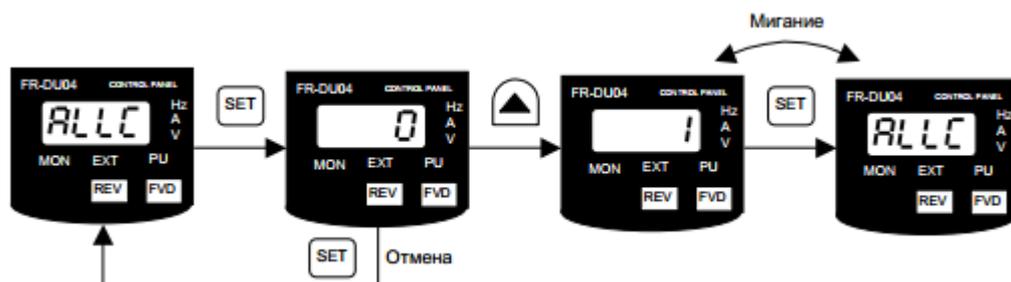


Рис. 1.18. Сброс параметров пользователя

Осуществляется инициализация параметров установленных пользователем.

Другие параметры сбрасываются на заводскую установку.

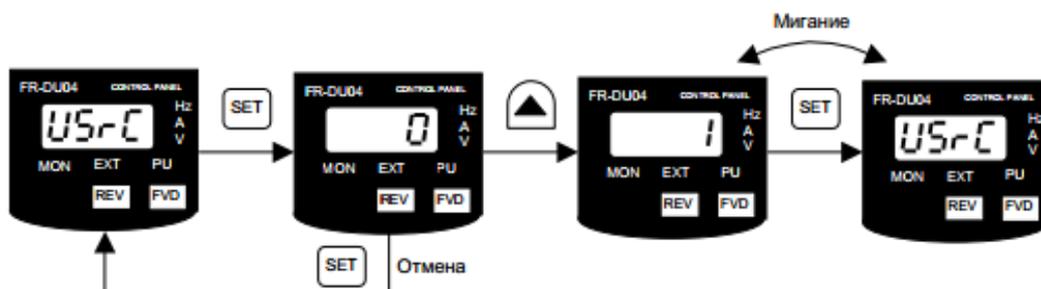


Рис.1.19. Сброс настроек

Проверка установленных параметров

Следующие параметры рекомендуется установить в зависимости от конкретных условий работы, нагрузки и т. д. Выполнение работы будет осуществлено при помощи различных методов управления ПЧ.

1. Внешнее управление (управление внешними сигналами), внешнее JOG – управление
2. Режим управления с пульта (FR-DU04), JOG - режим при управлении с пульта
3. Комбинированный режим управления (использование внешних сигналов и пульта)

Таблица 1.2

Назначение параметров ПЧ

Пар.	Наименование	Назначение параметра
1	Максимальная частота	Для установки максимальной и минимальной выходных частот
2	Минимальная частота	
7	Время ускорения	Для задания величин ускорения/торможения
8	Время торможения	
44	Второе время ускорения/торможения	
45	Второе, время торможения	
110	Третье время ускорения/торможения	
111	Третье время торможения	
9	Электронная защита от перегрузки	Для защиты преобразователя от перегрева
14	Выбор типа нагрузки	Для подбора оптимальных характеристик, соответствующих нагрузке
71	Выбор типа двигателя	Для установки параметров цепи защиты от перегрузки
73	Амплитуда задающего сигнала 0...5В/10В	Выбор диапазона напряжения входного сигнала на терминалах 2-5
900	Подстройка выхода FM	Используется для калибровки измерительных устройств подключаемых к выходам FM-SDи AM-5
901	Подстройка выхода AM	
902	Значение частоты при начальном	
903	Значение частоты при конечном напряжении задания	
904	Значение частоты при начальном токе	
905	Значение частоты при конечном токе задания	Задается зависимость выходной частоты от входных сигналов задания (напряжения 0...5В/10В, тока 4...20mA)

1. Внешнее управление (управление внешними сигналами). Работа при 60 Гц.

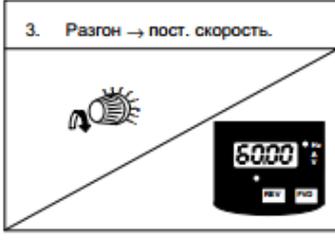
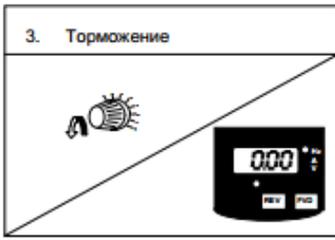
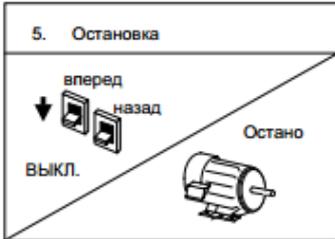
Шаг	Описание	Рис.
1	Включите питание и убедитесь, что сигнал "EXT" горит. (Если нет - включите режим внешнего управления).	<p>1. Включение питания, проверка режима работы.</p> 
2	<p>Включите стартовый выключатель(STF или STR). При этом мерцает соответствующий светодиод.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Замечание: Электродвигатель не запускается, если включены оба выключателя. Если оба выключателя включаются при работе, то электродвигатель останавливается.</p> </div>	<p>2. Запуск двигателя.</p> 
3	<p>Задайте частоту вращения потенциометром, сделав полный оборот Индикация покажет изменение частоты сигнала. При этом горит соответствующий сигнал- FWD или REV.</p>	<p>3. Разгон → пост. скорость.</p> 
4	<p>Сделайте полный обратный поворот потенциометра. Показания частоты на индикаторе уменьшаться до 0,00 Гц.</p>	<p>3. Торможение</p> 
5	Выключите стартовый выключатель.	<p>5. Остановка</p> 

Рис. 1.20. Внешнее управление

Внешнее JOG - управление

Включите пусковой выключатель (STF или STR) для пуска двигателя и выключите его для останова:

а) установите Пар.15 "JOG-частота" и Пар.16 "JOG-разгон/торможение";

б) установите режим внешнего управления;

в) подайте JOG сигнал. Выключатель (STF или STR) должен быть включен.

2. Режим управления с пульта (FR-DU04).

Работа при 60 Гц. При вращении электродвигателя скорость можно изменять, повторяя шаги 2 и 3.

Шаг	Описание	Рис.
1	Включите питание и убедитесь, что сигнал "PU" горит. (Если нет - включите режим внешнего управления).	<p>1. Включение питания, проверка режима работы.</p>
2	Установите частоту 60 Гц. Нажмите кнопку [MODE] для выбора режима задания частоты. Затем с помощью кнопок [UP/DOWN] задайте значение частоты и кнопкой [SET] запишите это значение.	<p>2. Задание частоты вращения</p>
3	Нажмите кнопку [FWD] или [REV]. Электродвигатель начинает вращаться. При этом автоматически выберется режим индикации выходной частоты.	<p>3. Включение</p>
4	Нажмите кнопку [STOP]. Электродвигатель тормозится и останавливается.	<p>4. Стоп</p>

Рис.1.21. Внешнее управление

JOG - режим при управлении с пульта

Для вращения Электродвигателя кнопки [FWD] и [REV] держите нажатыми и отпустите для останова:

- 1) установите Пар.15 "JOG- частота" и Пар.16 "JOG- ускорение/замедление";
- 2) установите JOG - режим при управлением от пульта;
- 3) включите выключатель [FWD] или [REV].

Если электродвигатель не вращается, проверьте параметр Пар.13 "стартовая частота. Электродвигатель не будет вращаться, если стартовая частота меньше заданной.

3. Комбинированный режим управления (использование внешних сигналов и пульта).

Внешние стартовые команды и задание частоты с пульта (Пар.79 = 3)
Кнопки пульта [FWD], [REV] и [STOP] не функционируют.

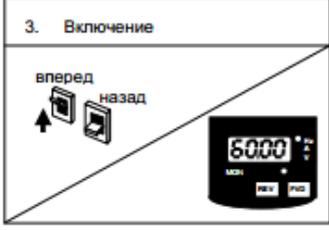
Шаг	Описание	Рис.
1	Включите питание	<p>1. Включение питания.</p> 
2	Установите значение "3" в Пар.79. При этом будет выбран режим комбинированного управления, и загорятся светодиоды "EXT" и "PU"	<p>2. Выбор способа управления</p> 
3	Включите стартовый выключатель (STF или STR) Примечание: Электродвигатель не включится, если оба выключателя включены. Если оба выключателя включаются во время вращения электродвигателя, то происходит его торможение. (При Пар.250 = "9999")	<p>3. Включение</p> 
4	С блока пульта управления установите частоту 60 Гц. Индикатор вращения "REV" или "FVD" должен гореть. • Выберите режим задания частоты и установите ее значение. Примечание: Для задания частоты используйте кнопку [UP/DOWN].	<p>4. Установка значения частоты</p> 
5	Выключите стартовый выключатель (STF или STR). Электродвигатель останавливается.	

Рис.1.22. Комбинированный режим управления

Алгоритм пробного пуска:

- соединяем клеммы А3, В3, С3 с клеммами А4, В4, С4 соответственно;
- включаем автоматы QF, QF 2.0 , QF 2.2;
- 2 раза нажимаем кнопку MODE;
- нажимаем кнопку SET (выход в режим параметрирования);
- с помощью кнопки SET делаем выбор разрядов параметров;
- нажатием кнопок \uparrow \downarrow выбираем параметр.

После выбираем следующие параметры и устанавливаем необходимые значения. Для того чтобы ПЧ принял параметр, надо нажать кнопку SET и удерживать.

- Параметр 77 \rightarrow 0

- Параметр 79 → 1
- Параметр 3 → 50 (Гц)
- Параметр 7 → 3 (сек)
- Параметр 8 → 3 (сек)
- Параметр 71 → 0 или 7
- Параметр 80 → 5,5 (кВт)
- Параметр 81 → 4 (шт)
- Параметр 83 → 400 (В)
- Нажать кнопку «FWD» (выполнить пуск)
- Удерживать кнопку MODE, пока не загорится индикатор MON
- Посмотреть индикацию частоты (Hz), тока (A), напряжения (U)
- Осуществить реверс, нажав кнопку SET
- Нажать кнопку STOP.

После пробного пуска необходимо провести идентификацию двигателя. В этом режиме ПЧ производит вычисления параметров схемы замещения асинхронного двигателя с целью применения их в режиме векторного управления.

Алгоритм проведения идентификации двигателя:

- параметр 77 → 0;
- параметр 79 → 1 (выбор способа управления);
- параметр 96 → 101, нажать пуск. Дождаться окончания идентификации (20 сек), зайти в параметр 96 и убедиться, что там стоит 103 (конец идентификации), если другое значение, то идентификация не прошла успешно. После этого нажать STOP;

- параметр 77 перевести в 801 (появляется возможность отображения констант 90 - 94);

- переписать все параметры 90 – 94.

Параметрирование скоростных режимов

Это параметрирование позволяет добиться самостоятельной работы ПЧ на заданных скоростях с заданным временем работы, то есть задать тахограмму двигателя. Для этого в параметре 200 необходимо выбрать единицу измерения времени: 2 – минуты, секунды; 3 – часы, минуты. Выбираем 2.

В пар. 201 - 210 (1ая группа), 211 - 220 (2ая группа), 221 - 230 (3я группа) — задаются направления вращения (0 — СТОП, 1 — прямое вращение, 2 — обратное вращение). От 0 до 400 Гц — установка частоты, от 0 до 99:59 — время включения.

Это все возможно, если параметр 79 = 5 и параметр 76 = 6.

Пример подсоединения показан на рис. 1.23.

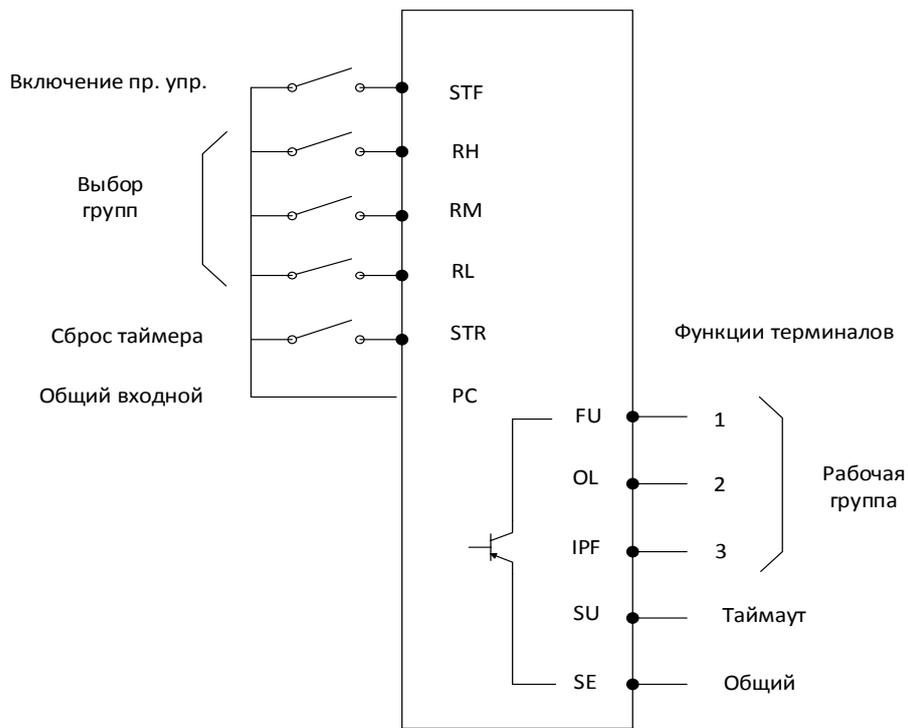


Рис. 1.23. Пример подсоединения

4. Снять значения скорости при различных значениях момента в системе скалярного управления.

Таблица 1.3

Значения скорости при различных значениях момента

$U_1, В$	$I_1, А$	$\eta, \%$	$M_1, Нм$	$\omega_1, рад/с$

Значения напряжения и тока снимаются при различной нагрузке двигателя.

$$M_1 = \frac{P_{в1}}{\omega_1} = \frac{P_1 \cdot \eta}{\omega_1} = \frac{U_1 \cdot I_1 \cdot \eta}{\omega_1}$$

$$M_2 \geq (\approx) M_1, \omega_2 \geq (\approx) \omega_1,$$

где ω_1 – скорость ротора M_1

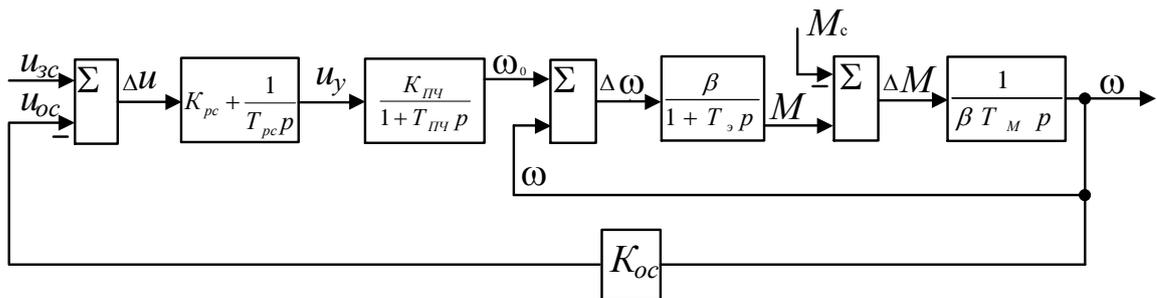


Рис. 1.24. Структурная схема скалярного управления приводом

5. *Изучить защитные функции преобразователя, научиться пользоваться статистикой аварий.*

Наряду с обязательными защитными функциями, такими, как защита от короткого замыкания, превышения или пропадания напряжения сети; в преобразователях частоты реализованы некоторые дополнительные функции, которые позволяют увеличить надежность работы как самого преобразователя частоты, так и всего электропривода в целом.

Выделяют такие дополнительные защитные функции, как:

1. Тепловая защита асинхронного электродвигателя – реализует защиту от перегрева асинхронного электродвигателя программным методом. Перегрев может быть вызван превышением максимального тока обмоток и, как следствие, выделением избыточного тепла. Эта функция заменяет тепловое реле в выходных цепях преобразователей частоты. Ее применение не требует использования датчика температуры двигателя.

2. Защита от резкого изменения регулируемого параметра – эта функция может отличаться в зависимости от самого регулируемого параметра.

Например:

– определение обрыва трубопровода – функция необходима, например, при работе преобразователя на вентиляторных или насосных станциях. При обрыве трубопровода расход жидкости или газа увеличивается за счет больших утечек через разрыв. Скорость асинхронного электродвигателя, при этом, доходит до максимальной, а требуемое значение параметра не может быть достигнуто. В таком случае преобразователь подает предупреждающий сигнал на специальный тревожный выход;

– определение блокировки трубопровода - при блокировании трубопровода выше места установки датчика давления, давление в системе уменьшается, а скорость работы насоса увеличивается преобразователем. Однако, поскольку расхода газа или жидкости нет, то ток двигателя остается небольшим. Когда скорость асинхронного электродвигателя достигает максимальной при небольшом токе двигателя, преобразователь подает предупреждающий сигнал.

3. Защита от кратковременных перегрузок – функция используется для предотвращения заклинивания вала электродвигателя. Защита срабатывает в случае, когда ток больше, а частота меньше заданного значения на протяжении определенного времени.

4. Управление дополнительным асинхронным электродвигателем – в случае, когда мощности двигателя, работающего под управлением преобразователя, оказывается недостаточно (например, для поддержания необходимого давления или напора воды в магистрали), используется дополнительный выход для подключения дополнительного асинхронного электродвигателя.

5. Поиск скорости асинхронного электродвигателя - эта функция используется в тех случаях, когда существует необходимость подключения к преобразователю частоты уже вращающийся двигатель. Оснащенные функцией

поиска скорости преобразователи анализируют параметры вращения двигателя и начинают вращать электродвигатель именно с той частоты, на которой он вращается в настоящий момент.

6. Функция настройки разгона и торможения – в целях уменьшения перегрузок при включении и отключении двигателя, преобразователь производит его плавный разгон и торможение. Наиболее распространенные виды характеристик разгона и торможения промышленного применения:

– линейная характеристика — это стандартная характеристика, которая используется для постоянной нагрузки электродвигателя;

– характеристика S-типа — плавный разгон и торможение двигателя. Предотвращает рывки и колебания механизма при разгоне и торможении;

– характеристика U-типа — применяется для эффективного разгона и торможения электродвигателей вентиляторов и насосных станций.

7. Использование внешнего тормозного прерывателя - максимальная скорость торможения двигателя ограничивается допустимым увеличением напряжения в звене постоянного тока. При увеличении напряжения и превышении его максимально допустимого предела возможен выход из строя либо выходных силовых ключей, либо конденсаторов.

Преобразователи частоты, оснащенные данной функцией, позволяют использовать внешний тормозной прерыватель, который подключается параллельно звену постоянного тока. Внешний тормозной прерыватель состоит из силового ключа и мощного резистора, при помощи которого и происходит рассеивание избыточной энергии конденсаторов звена постоянного тока.

Большинство преобразователей частоты сохраняет в энергозависимой памяти историю срабатывания защит или аварий с указанием точного времени и причины аварии. Это является особенно полезным при автономной работе устройства в необслуживаемом режиме.

Оформление отчета

Сделать выводы по проделанной работе, составить отчет и ответить на контрольные вопросы. Результаты выполненной работы должны быть представлены в виде отчета, который должен содержать принципиальную схему лабораторной установки, таблицы расчетных и опытных данных, графики снятых зависимостей, выводы по результатам лабораторной работы. Необходимо так же ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные достоинства и недостатки частотно-регулируемого электропривода со звеном постоянного тока.

2. С понижением частоты питающего переменного напряжения падает индуктивное сопротивление обмоток двигателя (достаточно вспомнить формулу индуктивного сопротивления), что приводит к увеличению тока через обмотки, и, как следствие, к перегреву обмоток. Также происходит насыщение магнитопровода статора. Чтобы избежать этих негативных последствий что следует предпринять?

3. Почему при включенном динамическом торможении и нажатии на кнопку «СТОП» процесс торможения начинается не сразу, а только через, приблизительно, полсекунды после выключения ЧП? Эта пауза заложена в программном обеспечении преобразователя. Можно ли обойтись без нее?

4. Какое назначение элементов в силовой схеме ПЧ?

5. Какое торможение в системе ПЧ – АД является более экономичным: частотное или динамическое? Какое следует применять и в каких случаях?

6. Трехфазный выпрямитель, питающийся от промышленной сети, выдает 540 В на звено постоянного тока. Это напряжение импульсно прикладывается к двигателю инвертором напряжения. Как Вы считаете, не является ли опасным приложение напряжения 540 В к обмоткам двигателя, изоляция которого рассчитана на 380 В?

7. На что влияет изменение несущей частоты?

8. Как изменить частоту выходного напряжения ПЧ?

9. Каков порядок включения и выключения лабораторной установки.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПО СИСТЕМЕ УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Цель работы. Закрепление теоретических знаний в системах управления электроприводом; управление асинхронным двигателем в системе «устройство плавного пуска – двигатель»; экспериментальное исследование электромеханических характеристик асинхронного двигателя в системе «устройство плавного пуска – двигатель».

Основные теоретические сведения и технические параметры

Асинхронные электрические двигатели являются наиболее часто применяемыми устройствами для привода промышленных и бытовых машин и механизмов. Это обусловлено их относительно низкой стоимостью, относительно высоким КПД, простотой конструкции и, следовательно, их надежностью.

Основные проблемы, возникающие при эксплуатации таких двигателей, сводятся к невозможности согласования создаваемого ими момента с моментом нагрузки, как во время пуска, так и во время работы, а также высокий пусковой ток.

Во время пуска крутящий момент обычно достигает 150-200% от номинального значения. Он ускоряет нагрузку до достижения полной скорости вращения за доли секунды, что может привести к выходу из строя кинематической цепи привода. В то же самое время пусковой ток может быть в 8-10 раз больше номинального, порождая проблемы со стабильностью питания и повышенным износом электрической части оборудования.

Когда двигатель работает с пониженной нагрузкой, его КПД падает вследствие того, что создаваемый магнитный поток слишком велик по отношению к магнитному потоку, достаточному для создания вращающего момента, необходимого для преодоления момента нагрузки.

Типичный трехфазный асинхронный электродвигатель, работающий с полной нагрузкой, обладает относительно высоким КПД, достигающим 80-96%. Однако, как показано на рис. 2.1, КПД двигателя резко падает, если нагрузка снижается. Падение КПД особенно ощутимо, когда нагрузка снижается до значений менее 50% от номинальной. В действительности электродвигатели довольно редко работают на полную мощность. Подавляющее большинство двигателей работают с нагрузкой, значительно ниже номинальной вследствие того, что при проектировании электропривода они были выбраны с так называемым «конструктивным запасом», а так же из-за естественных колебаний нагрузки в условиях конкретного технологического процесса.

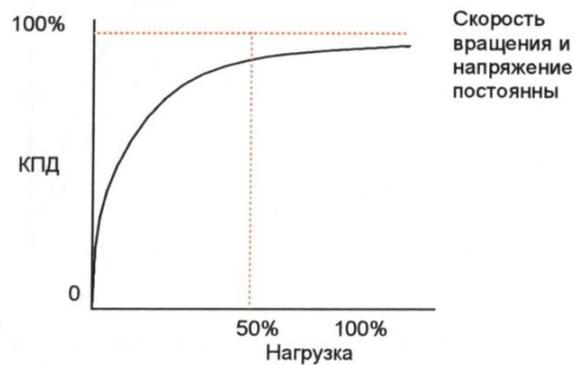


Рис. 2.1. КПД асинхронного двигателя

В тех случаях, когда есть возможность менять скорость вращения двигателя, проблема может быть решена посредством частотных преобразователей, обеспечивающих такую скорость вращения двигателя, которая необходима и достаточна для выполнения работы в каждый конкретный момент времени.

В тех случаях, когда нет возможности или необходимости изменять скорость вращения двигателя, оборудование ЭнерджиСейвер позволяет экономить электроэнергию, потребляемую двигателями при их работе на пониженных нагрузках.

Устройства плавного пуска по окончании программы разгона сохраняют полную электропроводность, вследствие чего двигатель ведет себя так же, как если бы он был подключен на прямую к питающей сети, либо шунтируются контакторами, коммутирующими электродвигатель напрямую к питающей сети для избежания потерь электроэнергии на внутреннем сопротивлении полупроводниковых переходов открытых тиристоров. Однако при пониженных нагрузках и полной подаче напряжения асинхронные электродвигатели всегда получают избыточный ток намагничивания, расходующийся, в том числе на перемагничивание созданного им же в предыдущий момент времени избыточного магнитного поля. Путем непрерывного контроля нагрузки и изменения напряжения на контактах двигателя по определенному алгоритму, ЭнерджиСейвер экономит часть энергии возбуждения и снижает потери (пропорциональные квадрату тока, который снижается при понижении напряжения), а также улучшает коэффициент мощности в тех случаях, когда электродвигатель используется неэффективно с пониженной нагрузкой.

В чем физический смысл подобных манипуляций? Момент, создаваемый двигателем, зависит как от приложенного напряжения, так и от скольжения (показатель «запаздывания» вращения ротора относительно поля статора). Чем меньший момент нагрузки приложен к ротору, тем больше ротор «догоняет» поле статора (скольжение уменьшается), тем дальше двигатель переходит в менее экономичный режим. Если соответствующим образом снизить напряжение питания, подаваемое на двигатель, скольжение вернется к номинальному значению. Рис. 2.2 иллюстрирует описанный процесс на

примере механических характеристик двигателя при различных значениях напряжения, приложенного к обмоткам. При этом снизятся ток, протекающий через обмотки двигателя, и потребляемая мощность, пропорциональная произведению напряжения и тока, потери уменьшатся, КПД двигателя возрастет.

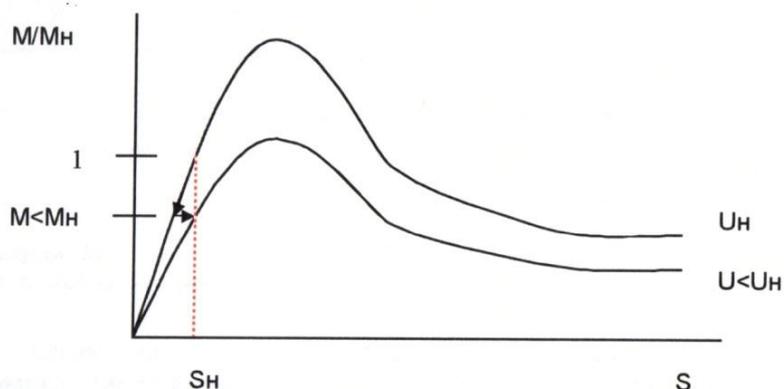


Рис. 2.2. Механические характеристики двигателя при различных напряжениях питания

Каким образом ЭнерджиСейвер снижает напряжение? ЭнерджиСейвер использует традиционную для устройств плавного пуска схему встречно-параллельно включенных тиристоров (рис. 2.3). Тиристор – электронный прибор, представляющий собой управляемый диод. Он открывается при подаче управляющего импульса и закрывается при переходе проходящего через него тока через ноль. Открывая тиристор с большей или меньшей задержкой по времени, возможно «вырезать» соответствующую часть синусоиды питающего напряжения (рис. 2.4). Таким образом, среднее напряжение на выходе устройства будет меняться пропорционально изменению времени задержки открытия тиристора. Поскольку подобный принцип регулирования напряжения предполагает что в те интервалы времени, когда тиристоры остаются закрытыми, ток через обмотки двигателя не протекает, отбора мощности из питающей сети в эти моменты не происходит. Ротор двигателя в эти интервалы времени вращается по инерции.

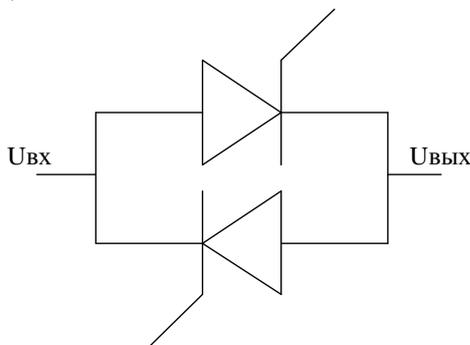


Рис. 2.3. Встречно-параллельно включенные тиристоры

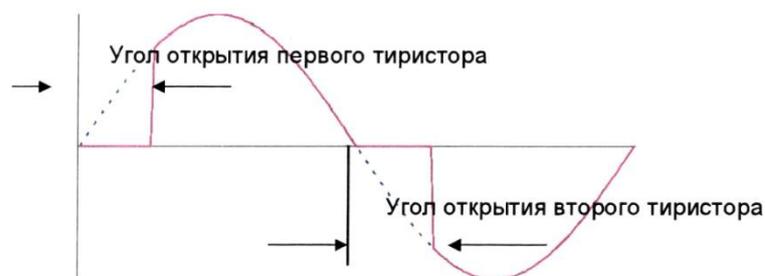


Рис. 2.4. Напряжение на выходе встречно-параллельно тиристорной пары

Каким образом осуществляется определение требуемого момента открытия тиристорov? Обмотки двигателя представляют собой активно-индуктивную нагрузку. Активная часть сопротивления зависит только от температуры обмотки. Реактивное (индуктивное) сопротивление зависит от момента нагрузки, приложенного к ротору двигателя. Его величина тем больше, чем меньший момент нагрузки приложен. Величина реактивного сопротивления влияет на фазовый сдвиг между напряжением и током в цепи (рис. 2.5). Таким образом, измеряя фазовый сдвиг, возможно однозначно судить о величине нагрузки по отношению к номинальной. Снижение напряжения соответственно уменьшению величины нагрузки приводит к уменьшению индуктивной части сопротивления. Вследствие этого, помимо уже упомянутого снижения потребления активной мощности при понижении напряжения, снижение активной части тока уменьшает потери, равные произведению квадрата тока на активное сопротивление обмоток. Поскольку реактивный ток, как и активный, греет проводники, его снижение так же приводит к уменьшению активного сопротивления обмоток двигателя, что обеспечивает дополнительную экономию энергии, выделявшейся в виде тепла. Кроме того, уменьшение реактивной части сопротивления снижает отрицательное влияние реактивной нагрузки на питающую сеть, уменьшая фазовый сдвиг между током и напряжением, а так же потребляемую реактивную мощность.

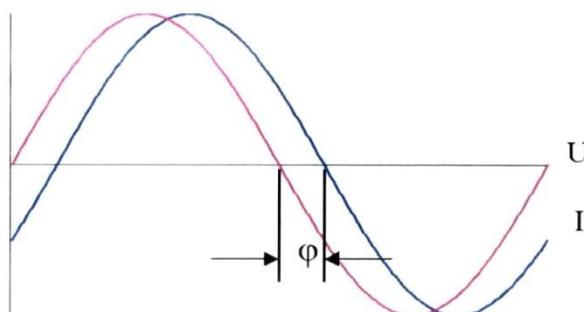


Рис. 2.5. Фазовый сдвиг между напряжением и током

Применение УПП является экономичным решением, позволяющим уменьшить стоимость эксплуатации механизмов путем снижения механических воздействий и улучшения эксплуатационной готовности оборудования, а также уменьшить влияние пуска двигателей на электрическую сеть за счет ограничения бросков тока и провалов напряжения в сети.

Благодаря своей универсальности устройства плавного пуска асинхронных двигателей получили широкое распространение и применяются повсеместно в самых разных промышленных системах. В частности, УПП используются в таком оборудовании, как:

- ленточные конвейеры;
- холодильное оборудование;
- компрессорные установки;
- системы вентиляции;
- лифтовое оборудование;
- насосные станции;
- промышленные станки.

Описание лабораторной установки

Данный лабораторно-промышленный комплекс для исследования электромеханических свойств электропривода по системе «устройство плавного пуска – АД» располагается на кафедре ЭТЭОП в кабинете 510а корпуса «Б» Нижнекамского химико-технологического института. Внешний вид устройства плавного пуска приведен на рис. 2.6. Шкаф управления с устройством плавного пуска приведен на рис. 2.7. А учебная аудитория, где расположена данная установка представлена на рис. 2.8.



Рис.2.6. Внешний вид УПП



Рис.2.7. Шкаф управления



Рис.2.8. Учебная аудитория данной установки

Лабораторная установка служит для обучения студентов наладке и эксплуатации двигателя в системе «устройство плавного пуска – двигатель», дает возможность научиться настройке и параметрированию устройства плавного пуска, изучить его возможности, а так же возможности двигателя в работе при системе «УПП – двигатель», позволяет построить его механические и электромеханические характеристики и оценить возможности УПП в части ограничения пусковых токов в заданном диапазоне, поэтому главная цель проведения данной лабораторной работы – убедиться в том, что УПП действительно ограничивает пусковые токи на заданном уровне. Внешний вид исследуемого двигателя приведен на рис. 2.9.



Рис.2.9. Исследуемый и приводной двигатели

В данном лабораторном комплексе установлено устройство плавного пуска серии EnergySaver 5.5M. Устройство плавного пуска ES (ЭнерджиСейвер) имеют возможность формировать кривую разгона по трем отрезкам отдельно, что позволяет добиться оптимальной разгонной характеристики. ЭнерджиСейвер способен мгновенно оценивать нагрузку на валу двигателя, сравнивать ее с конструктивной мощностью двигателя и в случае пониженной нагрузки снижать напряжение, подаваемое на двигатель, добиваясь того, чтобы двигатель работал на своем расчетном скольжении с максимальным КПД. При этом частота вращения двигателя не изменяется. Время реакции этого УПП на изменение нагрузки составляет сотую долю секунды, что позволяет даже при динамично меняющихся нагрузках отслеживать режим максимального КПД.

Состав лабораторного стенда:

- устройство плавного пуска «ЭнерджисейверES5.5M»;
- электрический двигатель АОЛ2–22–4У3;
- электрический двигатель MOTORMD 141 OL.

Паспортные данные электрооборудования лабораторного стенда

Паспортные данные исследуемого двигателя:

$$P = 1,5 \text{ кВт}$$

$$I_{\text{НОМ}} = 3,5 \text{ А}$$

$$n_{\text{НОМ}} = 1500 \text{ об/мин}$$

$$\eta = 0,80$$

$$\cos\varphi = 0,81$$

$$s = 7\%$$

$$M_{\text{max}}/M_{\text{НОМ}} = 2,2$$

$$M_{\text{min}}/M_{\text{НОМ}} = 1,5$$

$$M_{\text{пуск}}/M_{\text{НОМ}} = 1,8$$

$$I_{\text{пуск}}/I_{\text{НОМ}} = 7,0$$

$$J = 0,00183 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Паспортные данные нагрузочного двигателя:

$$P = 1,4 \text{ кВт}$$

$$n_{\text{НОМ}} = 3000 \text{ об/мин}$$

$$I_{\text{НОМ}} = 6,65 \text{ А}$$

$$U_{\text{я}} = 170 \text{ В}$$

$$I_{\text{в}} = 0,166 \text{ А}$$

$$U_{\text{в}} = 196 \text{ В}$$

$$J = 0,015 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

$$\eta = 0,785$$

$$R_{\text{я}} = 0,788 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{яв}} = 111 \text{ Ом}$$

$$L_{\text{я}} = 11 \text{ мГн.}$$

Технические характеристики устройства плавного пуска

«EnergySaverES5.5M»:

Напряжение питающей сети 3x380 В

Номинальный ток, А – 14

Максимальная мощность двигателя (справочно) 5,5 кВт

Мощность двигателя, кВт - 5,5

Степень защиты IP20

Климатическое исполнение У4

Имеет функцию энергосбережения и коррекции коэффициента мощности

Автоматическая настройка параметров электродвигателя

Возможность программирования с компьютера через USB-порт

Наличие интерфейса RS485

Протоколирование событий с метками даты и времени в энергонезависимой памяти

Электропитание комплекса производится от источника электроэнергии 380В, 50 Гц.

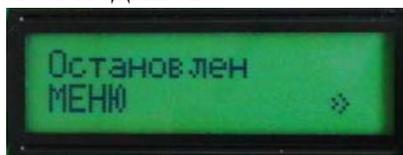
Настройка параметров контроллера ЭнерджиСейвер через меню

После подачи питания на ЖК дисплее контроллера ЭнерджиСейвер кратковременно появляется надпись вида



содержащая информацию о версии программного обеспечения и частоте тока в питающей сети.

Затем на дисплее появляется надпись



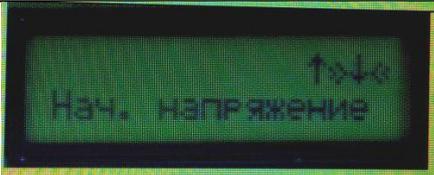
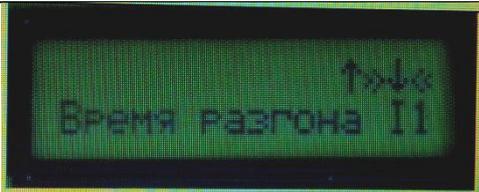
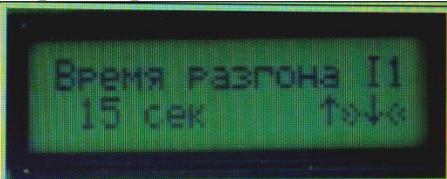
Для того чтобы перейти в режим программирования контроллера необходимо нажать клавишу →. Ниже указаны пункты меню, возможные значения соответствующих параметров и их значения, установленные по умолчанию

Таблица 2.1

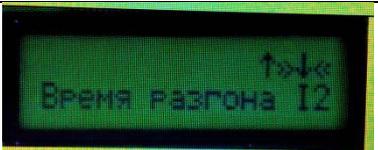
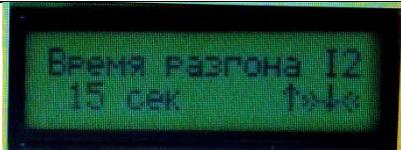
Назначение параметров

Пункт меню (параметр)	Возможность значения параметров
1	2
<div data-bbox="225 1037 676 1211" data-label="Image"> </div> <p>Для программирования параметра нажмите клавишу →.</p> <p>Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑.</p> <p>Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	<div data-bbox="868 1037 1366 1234" data-label="Image"> </div> <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑ и ↓.</p> <p>Возможные значения параметра: 5-30 секунд. Значение по умолчанию 15 секунд.</p> <p>Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу →</p> <p>Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ←.</p>

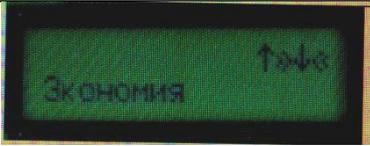
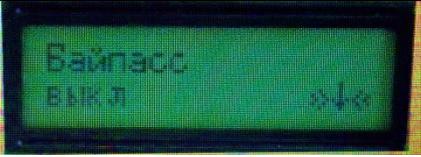
Продолжение таблицы 2.1

1	2
 <p>Для программирования параметра нажмите клавишу → Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑ Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу ↓.</p> <p>Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	 <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и↓. Возможные значения параметра: 30-60%. Значение по умолчанию 40%.</p> <p>Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу →</p> <p>Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ←.</p>
 <p>Для программирования параметра нажмите клавишу → Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑ Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу ↓.</p> <p>Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	 <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и ↓. Возможные значения параметра: 1-45с. Значение по умолчанию 5с. (См. раздел «Построение кривой разгона»).</p> <p>Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу→.</p> <p>Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ← .</p>

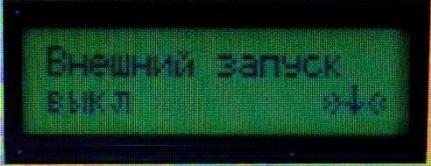
Продолжение таблицы 2.1

1	2
 <p>в некоторых версиях «ИНТЕНСИВНОСТЬ»</p> <p>Для программирования параметра нажмите клавишу →</p> <p>Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑</p> <p>Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу ↓.</p> <p>Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	 <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и ↓.</p> <p>Возможные значения параметра % за П1 (в некоторых версиях «ИНТЕНСИВНОСТЬ»):</p> <p>10-90%. Значение по умолчанию 10%.</p> <p>(См. раздел «Построение кривой разгона»).</p> <p>Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу →.</p> <p>Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ←.</p>
 <p>Для программирования параметра нажмите клавишу →</p> <p>Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑</p> <p>Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу ↓.</p> <p>Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	 <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и ↓.</p> <p>Возможные значения параметра: 1-45с. Значение по умолчанию 15с.</p> <p>(См. раздел «Построение кривой разгона»).</p> <p>Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу →.</p> <p>Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ←.</p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2
 <p>Для программирования параметра нажмите клавишу → Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑ Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу ↓. Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	 <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и↓ Возможные значения параметра: ВЫКЛ, МИН, НОРМ, МАКС. Значение по умолчанию ВЫКЛ. Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу→. Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ←.</p>
 <p>Для программирования параметра нажмите клавишу → Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑ Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу ↓. Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	 <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и↓ Возможные значения параметра: ВКЛ, ВЫКЛ. Значение по умолчанию ВЫКЛ. Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу →. Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ←</p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2
 <p>Для программирования параметра нажмите клавишу → Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑ Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу ↓. Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	 <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и↓ Возможные значения параметра: ВКЛ, ВЫКЛ. Значение по умолчанию ВЫКЛ. Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу →. Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ←</p>
 <p>Для программирования параметра нажмите клавишу → Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу ↑ Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу ↓. Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	 <p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и ↓. Возможные значения параметра: Выкл., 0,2-4,0 мс. Значение по умолчанию 1,0 мс. Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу →. Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ← .</p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2
<p>ПЛАВНЫЙ ОСТАНОВ Для программирования параметра нажмите клавишу→. Для перехода к следующему пункту меню нажмите клавишу↑ Для перехода к предыдущему пункту меню нажмите клавишу↓ Для выхода из меню нажмите клавишу ←.</p>	<p>Выбор необходимого значения осуществляется клавишами ↑и↓. Возможные значения параметра: Выкл., 1-30 с. Значение по умолчанию Выкл. Для сохранения вновь установленного значения параметра и выхода в основное меню нажмите клавишу →. Для выхода в основное меню без сохранения вновь установленного значения параметра нажмите клавишу ← .</p>

Порядок и методика выполнения исследований

1. Построить электромеханическую характеристику $\omega=f(I)$, т.е. зависимость скорости от нарастания тока статора I_s за время разгона $=10с$.

Для проведения эксперимента на холостом ходу включение лабораторного стенда производится в следующей последовательности. Включаются автоматы QF1, QF2 при этом подается напряжение на УПП. На ЖКИ дисплее должна появиться надпись вида, изображенного на рис. 2.12.



Рис. 2.10. Показания ЖКИ дисплея при включении УПП

Используя инструкцию по настройке устанавливается время разгона равное 10. Для запуска нажимается кнопка «START». После запуска индикация дисплея примет вид, изображенный на рис. 2.11.



Рис. 2.11. Показания ЖКИ дисплея при работе УПП

Снимаются значения тока статора I_s и напряжения питания обмотки статора U_s , а так же скорость ω за равные интервалы времени и заносятся в табл. 2.2. Останов двигателя производится нажатием кнопки «STOP».

По полученным значениям строятся графики $\omega=f(I_s)$

Таблица 2.2

Значения тока статора I_s и напряжения питания обмотки статора U_s при $t=10c$.

Время t , с	Ток статора I_s , А	Напряжение статора U_s , В	Скорость n , об/мин	Скорость ω , рад/с

2. *Построить графики нарастания тока статора I_s и напряжения питания обмотки статора U_s при различном времени разгона*

Для задания момента сопротивления на валу асинхронного двигателя используется двигатель постоянного тока. Двигатель постоянного тока жестко соединен с асинхронным двигателем и своим развиваемым моментом препятствует разгону асинхронного двигателя.

Требуемое задание момента нагрузки вычисляется по формуле

$$M = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega}, \text{ Н}\cdot\text{м.} \quad (2.1)$$

Включается автомат QF3. Время пуска устанавливается равным 10 секундам. Для запуска нажимается кнопка «START».

Снимаются значения тока статора I_s и напряжения питания обмотки статора U_s за равные интервалы времени и заносятся в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

Значения тока статора I_s и напряжения питания обмотки статора U_s при различном времени разгона двигателя

Время t , с	Ток статора I_s , А	Напряжение статора U_s , В

Останов асинхронного двигателя производится нажатием кнопки «STOP» на УПП, выключаются автоматы QF2, QF3 и QF1.

Затем время разгона устанавливаем 15 секунд. А затем 5 секунд. Заполняем таблицу 2 при 15 и 5 секундах разгона двигателя.

По полученным значениям строятся графики $I_s = f(t)$ и $U_s = f(t)$.

Оформление отчета

Результаты выполненной работы должны быть представлены в виде отчета, содержащего:

- принципиальную схему лабораторной установки;
- таблицы расчетных и опытных данных;
- графики снятых зависимостей;
- выводы по результатам лабораторной работы;
- ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы предельные значения момента, токов статора и ротора, скорости двигателя лабораторной установки?
2. Почему пуск двигателя при питании от преобразователя ЭнерджиСейверES7.5Мполучается плавным?
3. Какой параметр двигателя поддерживается постоянным для обеспечения мягкого пуска?
4. Как изменяется в процессе пуска напряжение на статоре двигателя?
5. Как изменяется в процессе пуска ток статора двигателя?
6. Как изменяются в процессе пуска момент двигателя?
7. Как изменяется в процессе пуска скорость двигателя?
8. Как связаны между собой момент двигателя и напряжение на статоре?
9. Как связаны между собой момент двигателя и ток статора?
10. Укажите достоинства системы УПП – АД по сравнению с прямым пуском.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ВАЛЬЦЕВ

Цель работы. Ознакомиться с конструкцией лабораторных вальцев, экспериментально проанализировать режимы работы асинхронного двигателя с преобразователем частоты при различных законах управления, научиться программировать преобразователь частоты Danfoss FC302.

Основные теоретические сведения и технические параметры

Процесс вальцевания

Вальцеванием называется метод переработки полимерных материалов, который состоит в многократном прохождении сырья сквозь зазор между подогретыми металлическими валками, совершающими вращательные движения на встречу друг другу. Температура и прилагаемые механические усилия действуют так, что полимер из твердого материала превращается в вязкотекучий. Полимер становится мягким, перемешивается и, наконец, гомогенизируется, под действием деформационных усилий. Процесс вальцевания подразумевает сжатие материала, которое сопровождается деформацией сдвига и, как следствие, уменьшением молекулярной массой макромолекул.

Ниже приведена схема, описывающая процессы вальцевания и каландрования.

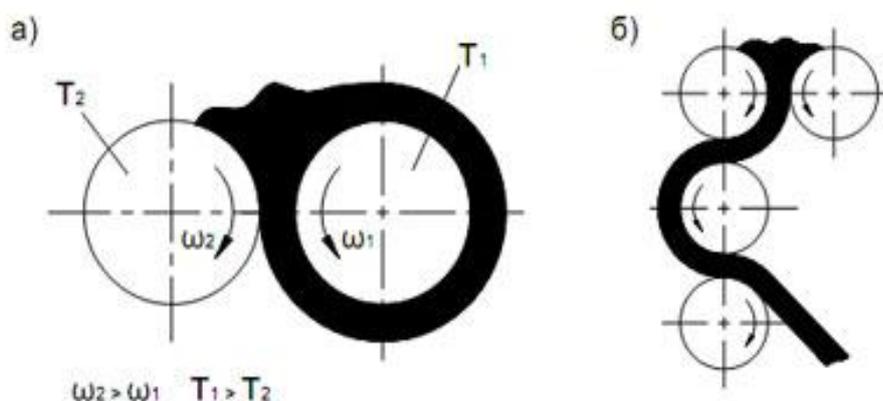


Рис. 3.1. Схема вальцевания (а) и каландрования (б)

Вальцевание применяется с целью:

- смешения необходимых компонентов с полимерами (в результате использования данного технологического процесса, получают листы и пленки);
- нагрева и размягчения готовых полимерных материалов;
- получения блок- и привитых сополимеров.

Для повышения уровня интенсивности деформирования, вальцы совершают вращательные движения с разной скоростью. При этом, скорость с которой вращается задний валок (ω_2), выше скорости вращения переднего валка (ω_1). Отношение скоростей заднего и переднего валка называется фрикцией (либо коэффициентом фрикции). Как правило, данный коэффициент

составляет от 1.1 до 1.4. Вальцы способны функционировать в двух режимах: периодическом или непрерывном.

Общее описание и принцип действия валковых машин

Валковыми машинами называют оборудование, которое применяется в процессах переработки полимеров и производства изделий. Вальцеванием называют группу процессов по переработке полимерного сырья. Оборудование, которое производит готовые изделия или полуфабрикаты из полимера называется каландрами, соответствующая группа процессов носит название каландрования.

Вальцы и каландры подвергают полимер механическому воздействию в области зазора между валками. Механические процессы в данном случае являются основными технологическими эффектами.

Валковые машины являются одним из наиболее часто применяемых видов оборудования в области переработки резиновых смесей и пластмасс. Вальцы и каландры являются разновидностями валкового оборудования. Вальцы активно используются при смешении, гомогенизации компонентов, пластикации, дроблении, перетирании и прочих технологических операциях. Процессы переработки полимеров на каландрах и вальцах во многом аналогичны.

Ключевые рабочие органы вальцов представлены двумя полыми цилиндрическими валками, которые совершают вращательные движения навстречу друг другу и имеют различные окружные скорости. Оси валков располагаются в горизонтальной плоскости. Количество валков может составлять от 2 до 5 единиц, они образуют пары с противоположным направлением вращения.



Рис. 3.2. Схемы обработки массы на валковых машинах

Перерабатываемый полимер затягивается с поверхности валков в область зазора благодаря воздействию сил зацепления, после чего деформируется или разрушается.

Вальцы способны производить множество технологических операций, но конструктивно просты и оснащены следующими элементами:

- литой фундаментной плитой с ребрами жесткости;
- двумя станинами, стянутыми поперечинами;
- двумя полыми цилиндрическими валками;
- неподвижными корпусами подшипников заднего валка;
- подвижными корпусами подшипников переднего валка;
- механизмами регулировки зазора, ограничительными стрелками;
- системой охлаждения/нагрева валков;
- системой смазки тормозного и аварийного устройства.

В машинах, оснащенных одной парой валков, полимер проходит сквозь один зазор. В машинах, оснащенных более чем двумя валками, полимер проходит последовательно через несколько зазоров между валками.

Основные узлы (детали), конструкция и рабочие органы валковых машин.

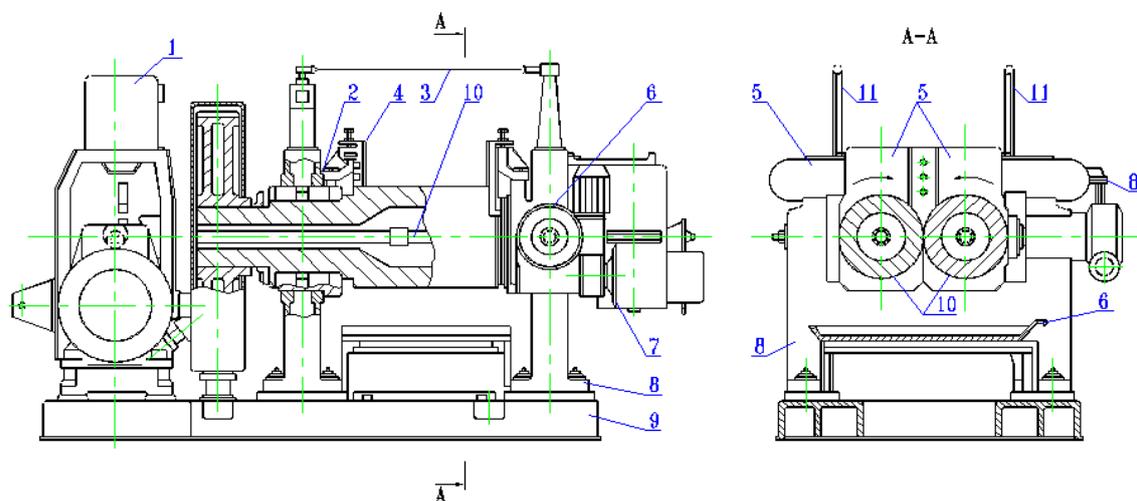


Рис. 3.3. Общий вид вальцев

1 – привод; 2 – подшипник; 3 – аварийные выключатели; 4 – механизм регулирования зазора; 5 – траверс; 6 – поддон; 7 – маховичок; 8 – станина; 9 – фундаментная плита; 10 – валки

Вальцы состоят из двух литых станин 8, установленных на фундаментной плите 9, и двух валков 10, вращающихся с разной скоростью навстречу друг другу. Станины имеют окна на горизонтальных полках которых установлено по два корпуса с подшипниками 2 для валков. Корпуса подшипников заднего валка неподвижны, корпуса подшипников переднего валка могут перемещаться.

Перемещение передней пары подшипников осуществляется при помощи двух нажимных винтов (механизмов регулирования зазора, позволяющих создавать рабочий зазор между валками).

Нажимные винты приводятся в движение, от индивидуальных электродвигателей через двухступенчатые червячные редукторы или вручную при помощи маховичка 7. Под поджимными винтами установлены предохранительные шайбы, которые при перегрузке вальцев срезаются и предотвращают вальцы от поломки, увеличивая зазор между валками. Механизмы регулирования зазора, снабженные указателями, монтируются на станине 8, со стороны переднего валка. Для ограничения раздвижки валков установлены конечные выключатели, которые при аварийном состоянии выключают приводной электродвигатель 1. Перемещению вальцуемой смеси за пределы рабочей поверхности валков препятствуют ограничительные стрелки. На плите под валками помещается поддон 6 для просыпающейся крошки.

Валки 10 пустотелые, их необходимый температурный режим поддерживается системой водяного охлаждения (орошением внутренних поверхностей валков).

Виды обработки сырья на валковых машинах

В процессе обработки полимеров на валковых машинах, осуществляются следующие виды обработки материалов:

- пластификация – повышение уровня текучести материала, как результат его деформации;
- смешение – повышение качества однородности материала;
- диспергирование – очищение от твердых включений большого размера;
- подогрев материала перед тем, как он будет загружен в другие перерабатывающие машины;
- дробление;
- нанесение полимерных покрытий на основу;
- профилирование заготовок – улучшение поверхности или тиснения рисунка на пленочных материалах.

Основными требованиями к электроприводу каландров и вальцев являются: плавный пуск и торможение двигателя; плавное регулирование частота вращения в широком диапазоне 100 : 15%; поддержание стабильной частоты вращения в установившемся режиме (с точностью до + 2% при изменении статического момента в пределах от 0,25 до 1,00 номинального момента двигателя), реверсирование и ограничение времени аварийного торможения валков (не более чем на 1/4/длины окружности валка). В отличие от вальцев, изменение момента нагрузки в каландрах носит плавный характер.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

Лабораторный стенд в лаборатории химической технологии относится к электроустановкам до 1000В. При нарушении правил эксплуатации установок лабораторный стенд может стать источником электрического тока, который способен поражать обслуживающий персонал. Кроме того, вращающиеся части вальцев являются источником механических ударов. Загрузку и выгрузку резины и каучуковых смесей на работающем стенде вальцев должен производить лаборант, имеющий допуск на проведение данного вида работ.

Поэтому студенты в лаборатории должны соблюдать правила техники безопасности:

- находясь в лаборатории, студент должен быть предельно внимательным и дисциплинированным;
- выполнять все указания преподавателя и лаборанта;
- находясь непосредственно у лабораторного стенда, запрещается делать какие-либо включения и отключения в распределительных щитах, включать схему без разрешения преподавателя, касаться вращающихся частей вальцев;
- одежда не должна иметь свободно свисающих концов;
- при работе с лабораторной установкой, находящейся под напряжением, студент должен стоять на изолированном коврик;

– обо всех случаях неисправности в работе установки необходимо немедленно доложить преподавателю.

Описание лабораторной установки

1. Преобразователь частоты Danfoss VLT AutomationDrive FC302.
2. Асинхронный электродвигатель АО2-51-6У3.
3. Лабораторные валцы модернизированные «160x320» типа Л16 М.
4. Контроллер Mitsubishi MELSEC System Q00JCPU.

Паспортные данные электродвигателя лабораторного стенда:

P , кВт	$I_{\text{ном}}$, А	U , В	f , Гц	$s_{\text{ном}}$, %	η , %	$n_{\text{ном}}$, об/мин	$\cos\varphi$	$\frac{M_{\text{маа}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{мин}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}}$
5,5	11,48	380	50	3,5	85,5	965	0,81	1,8	1,3	1	6,5

Порядок и методика выполнения исследований

1. Ознакомиться с принципами управления преобразователя частоты.

Преобразователь частоты Danfoss VLT[®] AutomationDrive FC302 включает 3 принципа управления: режим управления U/f (**скалярное управление**), регулирование вектора напряжения – VVC_+ (**псевдовекторное управление**) и управление магнитным потоком – $Flux$ (**векторное управление** моментом M и скоростью ω).

1. Закон управления U/f представляет собой скалярное управление. Принцип скалярного управления базируется на изменении частоты и напряжения. Основной недостаток подобного принципа управления заключается в трудности реализации желаемых законов управления скорости и момента асинхронного двигателя АД в динамических режимах.

При законе регулирования $U_1/f_1 = const$. В двигательном режиме максимальный момент существенно снижается при уменьшении частоты из-за возрастающего влияния падения напряжения в активном сопротивлении статора I_1/R_1 , что приводит к уменьшению ЭДС E_1 и магнитного потока двигателя. В генераторном режиме максимальный момент с понижением частоты возрастает, что объясняется обратным влиянием падения напряжения I_1/R_1 . При этом магнитный поток двигателя увеличивается. Такие характеристики в генераторном режиме нежелательны, так как при малых частотах резко возрастает электромагнитный момент, что может вызвать поломку вала машины.

2. Принцип управления VVC_+ (VoltageVectorControlPlus), реализованным в преобразователе частоты Danfoss является своеобразным псевдовекторным законом, то есть без датчиков обратной связи. Основным преимуществом режима состоит в том, он использует устойчивую модель двигателя. Достигается это исходя из относительного баланса зависимости напряжения и частоты, так как они прямо пропорциональны. От этого зависит намагниченность машины и ее механическая характеристика;

3. Принцип управления *Flux* представляет собой векторное управление магнитным потоком и связано как с изменением частоты и текущих значений переменных АД, так и с взаимной ориентацией их векторов в полярной или декартовых системах координат. За счет регулирования амплитудных значений переменных и углов между их векторами обеспечивается полное управление асинхронным двигателем, как в статике, так и в динамике, что дает заметное улучшение качества переходных процессов по сравнению со скалярным управлением.

2. Изучить схему лабораторной установки.

Электрическая функциональная схема лабораторного стенда представлена на рисунке 3.5.

На схеме вольтметр *PV1* показывает фазное напряжение сети. Амперметр *PA1* показывает ток, забираемый из сети. Ваттметр *PW1* и варметр *PW2* показывают потребляемую активную и реактивную мощности из сети.

Напряжение задания, скорость вращения электродвигателя, напряжение на клеммах двигателя, ток двигателя и его момент отображаются на цифровом дисплее преобразователя частоты. Регулирование скорости вращения электродвигателя осуществляется с помощью потенциометра задания, который вынесен на переднюю панель шкафа управления вальцами.

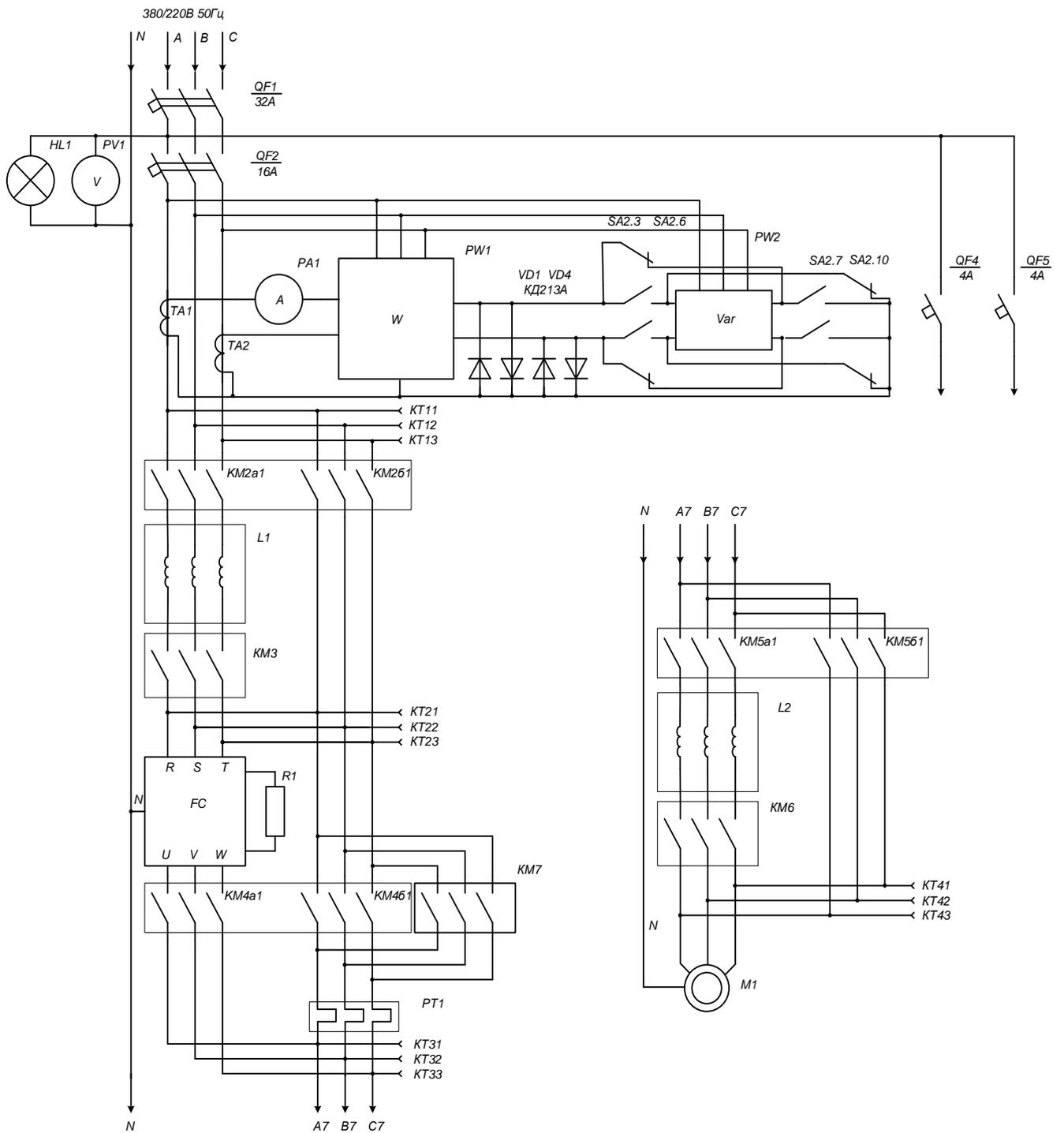


Рис. 3.5. Электрическая функциональная схема лабораторного стенда
L1 – гармонический фильтр АНФ010; *L2* – синусный фильтр; *FC* – частотный преобразователь Danfoss AutomationDrive FC302; *V* – вольтметр; *A* – амперметр; *W* – ваттметр; *Var* – варметр



Рис. 3.6. Общий вид панели графического LCP



Рис. 3.7. Дисплей преобразователя частоты

3. Снятие характеристик холостого хода.

Подготовка к работе. Включить вводной автомат $QF1$, должна загореться лампочка $HL1$ «Сеть». Тумблер «частотный преобразователь» поставить в положение $ВКЛ$. Нажать кнопку «Пуск» на шкафе управления. Запрограммировать преобразователь частоты на закон управления U/f . Для этого нажать кнопку «Main Menu» на графическом LCP. Нажатием клавиши, «Вниз», выбрать меню «1-** Нагрузка/двигатель» и войти в меню с помощью клавиши «OK». Далее войти в меню «1-0* Общие настройки» нажатием клавиши «OK». В меню «1-00 Режим конфигурирования» поставить «[0]

Разомкнутый контур скорости (Speed open loop)». Для этого нажать клавишу «ОК» и клавишами «Вверх» и «Вниз» выбрать этот режим. Подтвердить выбор нажатием клавиши «ОК». Необходимо установить желаемый закон управления. Для этого выбрать меню «1-01 Принцип управления» и установить принцип «[0] U/f» и подтвердить выбор. Нажать клавишу «Status» и вернуться в меню для индикации состояния преобразователя частоты и/или двигателя.

Перед началом работы необходимо провести Автоматическую Адаптацию Двигателя (ААД). Функция ААД оптимизирует динамические характеристики электродвигателя путем автоматической оптимизации наиболее важных параметров двигателя: сопротивление статора R_s , сопротивление ротора R_r , реактивное сопротивление рассеяния статора X_1 , реактивное сопротивление рассеяния ротора X_2 , основное реактивное сопротивление X_h , сопротивление потерь в стали. После автоматической адаптации двигателя преобразователь частоты строит точные модели двигателя для лучшего управления электрической машиной.

Для проведения ААД необходимо нажать клавишу «Main Menu», зайти в меню «1-** Нагрузка/двигатель», далее в меню «1-2* Данные двигателя». Выбрать меню «1-29 Авто адаптация двигателя (ААД)». Установить режим «[1] Включ. полную ААД» Для активизации функции ААД нажать кнопку «Hand On». Адаптация длится около 10 минут. После выполнения операций на дисплее появится сообщение: «Нажмите [ОК] для завершения ААД». После нажатия кнопки [ОК] преобразователь частоты будет готов к работе. Также следует учесть, что автоматическая адаптация не может проводиться на работающем двигателе и при выполнении ААД на двигатель не должен воздействовать внешний крутящий момент, для наилучшей адаптации преобразователя частоты необходимо выполнять ААД на холодном двигателе.

Ручку потенциометра «Скорость» установить в крайнее левое положение. Запустить двигатель нажатием клавиши «Auto On» на графическом LCP. Ручкой потенциометра «Скорость» увеличивать напряжение задания до 100%. Значения задания скорости, скорости вращения двигателя, напряжения, момента и тока двигателя отображаются на дисплее графического LCP.

Снять точки холостого хода ХХ необходимо в диапазоне скоростей $D = 1:10$ и занести в таблицу 3.1. Для этого ручкой потенциометра «Скорость» уменьшать напряжение задания на 10% и записывать данные, отображаемые на дисплее преобразователя частоты и заносить в таблицу показания приборов. Тоже самое проделать и для других значений напряжения. Шаг задания составляет 10%.

Таблица 3.1

Точки холостого хода механической характеристики

$U_v, \%$	$n, \text{об/мин}$	$U_{дв}, В$	$M_{дв}, Н\cdot м$	$I_{дв}, А$

Для останова двигателя ручкой потенциометра «Скорость» уменьшить напряжение задания до 0%. Нажимать клавишу «Off» для отключения двигателя.

4. Снять характеристики при различных законах управления.

Перепрограммировать преобразователь частоты на другой закон управления по методике, описанной выше. Ручкой потенциометра «Скорость» разогнать двигатель до номинальной частоты вращения. Лаборант или иное лицо, имеющее допуск к работе на вальцах должен загрузить резину, то есть создать статический момент. Снять точки рабочих характеристик в диапазоне скоростей $D=1:10$ с шагом задания напряжения 10%. Полученные значения занести в таблицу 3.2.

Аналогичные операции провести для других законов управления.

Таблица 3.2

Точки механических характеристик при различных законах управления

$U_y, \%$	Закон управления				
	$n, \text{об/мин}$	$U_{\text{дв}}, \text{В}$	$M_{\text{дв}}, \text{Н}\cdot\text{м}$	$I_{\text{дв}}, \text{А}$	$P_1, \text{кВт}$

После проведения экспериментальной части работы следует отключить двигатель нажатием клавиши «Off» на графическом дисплее преобразователя частоты. Нажать кнопку «Стоп» и отключить вводной автомат *QF1*.

Оформление отчета

Для оформления лабораторных работ студент должен иметь отдельную рабочую тетрадь. Лабораторные работы выполняются бригадами по 3-5 человек. Лабораторная работа засчитывается, если отчет содержит необходимые схемы, таблицы и если студент ответил на все вопросы преподавателя. Кроме того, студент должен знать назначение всех элементов схемы и уметь объяснить порядок действий при выполнении эксперимента в лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объяснить применение законов управления частотным электроприводом вальцев.
2. Объяснить принцип действия валковых машин.
3. Пояснить электрическую функциональную схему лабораторного стенда.
4. Объяснить ход механических характеристик, полученных в результате работы.
5. Сделать выводы по регулированию момента и скорости при различных законах управления.
6. Перечислить способы задания сигнала управления частотным преобразователем.
7. Пояснить принцип действия электропривода в бездатчиковом режиме (отсутствие датчика скорости).

**ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ Q-H-ХАРАКТЕРИСТИК
НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДРОССЕЛИРОВАНИЕМ И ИЗМЕНЕНИЕМ
СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА**

Цель работы. На основании экспериментальных данных, полученных в ходе исследования способов регулирования производительности насосного агрегата, сравнить эффективность способов регулирования дросселированием и изменением скорости вращения рабочего колеса с использованием частотно-регулируемого привода.

Основные теоретические сведения и технические параметры

Характеристики насосной установки строятся для того, чтобы определить точки установившегося режима (УР) работы в заданном диапазоне регулирования скорости.

Установившийся режим работы насоса при постоянной скорости чаще всего определяется графическим способом. При этом необходимо найти точку пересечения соответствующей Q-H-характеристики насоса и характеристики магистрали, подключенной к насосу (рис. 4.1).

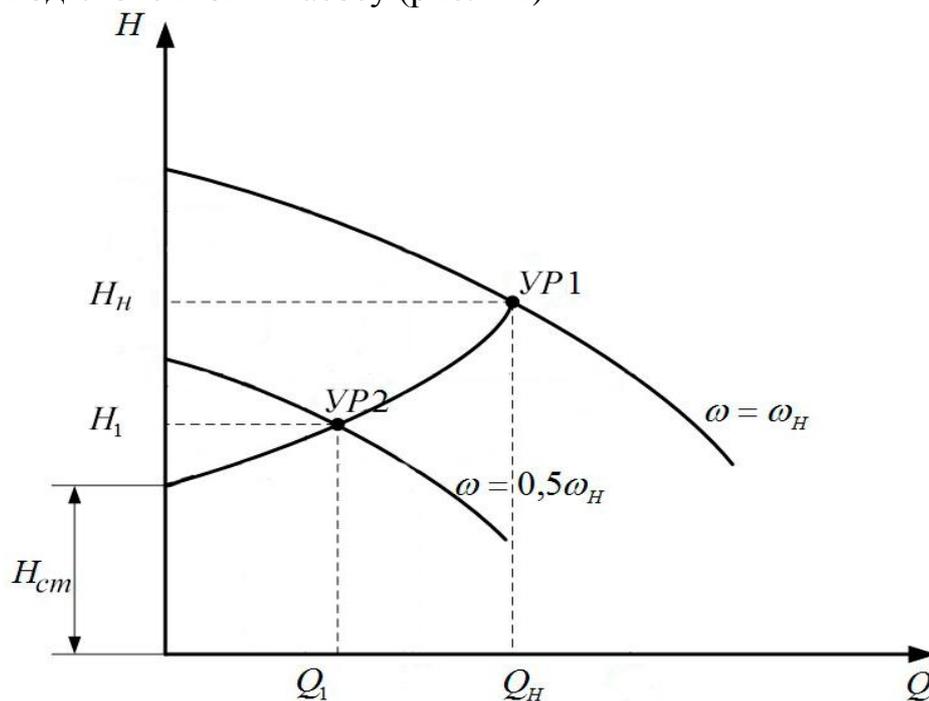


Рис.4.1. Q-Hхарактеристики

Характеристику магистрали строят по уравнению:

$$H_M = H_{ст} + RQ^2 \quad (4.1)$$

где H_M - напор в магистрали, м ; $H_{ст}$ - статический напор магистрали, м; R - гидравлическое сопротивление, $c^2 / м^5$; Q -подача насоса, $м^3 / с$.

Гидравлическое сопротивление линии R определяют, используя номинальные данные насоса:

$$R = \frac{H_H - H_{CT}}{Q_H^2} \quad (4.2)$$

Q-H-характеристики для скорости, отличной от номинальной, получают с помощью уравнений пропорциональности:

$$\frac{Q}{Q_H} = \frac{\omega}{\omega_H} ; \quad (4.3)$$

$$\frac{H}{H_H} = \frac{\omega^2}{\omega_H^2} ; \quad (4.4)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{Q_1^2}{Q_2^2} = const \quad (4.5)$$

Для этого задается ряд значений Q_i , которым соответствует значение H_i на исходной естественной характеристике насоса с $\omega_i = const$. В соответствии с

(3)-(5) рассчитывают параболы $H = H_i \left(\frac{Q}{Q_i}\right)^2$, проходящие через выбранные точки (H_1, H_2, H_3) на исходной характеристике. Каждой точке параболы согласно (3)-

(5) соответствует определенная скорость механизма $\omega = \omega_H \frac{Q}{Q_i}$. Соединяя точки парабол с одинаковым значением ω , определяют Q-H-характеристику для $\omega = const$.

На рис. 4.1 точки УР1, УР2 соответствуют установившемуся режиму

$$D = \frac{\omega_H}{0,5\omega_H} = 2$$

работы в диапазоне

Количество жидкости, подаваемой насосом в сеть, определяется нуждами потребителей. Поэтому на практике почти всегда приходится прибегать к регулированию подачи, которая достигается дросселированием напорного трубопровода и изменением частоты вращения рабочего колеса.

Дроссельное регулирование. Каждая насосная установка оснащается запорной задвижкой, устанавливаемой за насосом. При уменьшении расхода в сети возникает необходимость изменить подачу насоса. Прикрывая задвижку 1 изменяют (увеличивают) сопротивление системы. Создаваемый насосом напор увеличивается. Это приводит к снижению подачи в соответствии с характеристикой насоса.

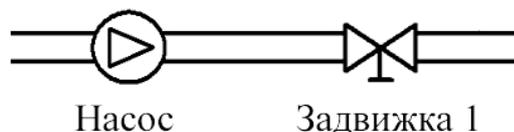


Рис. 4.2. Насосная установка и запорная задвижка

На рис. 4.3 показано регулирование подачи задвижкой за счет изменения степени ее открытия. Кривые 1, 2 называют дроссельными характеристиками трубопровода.

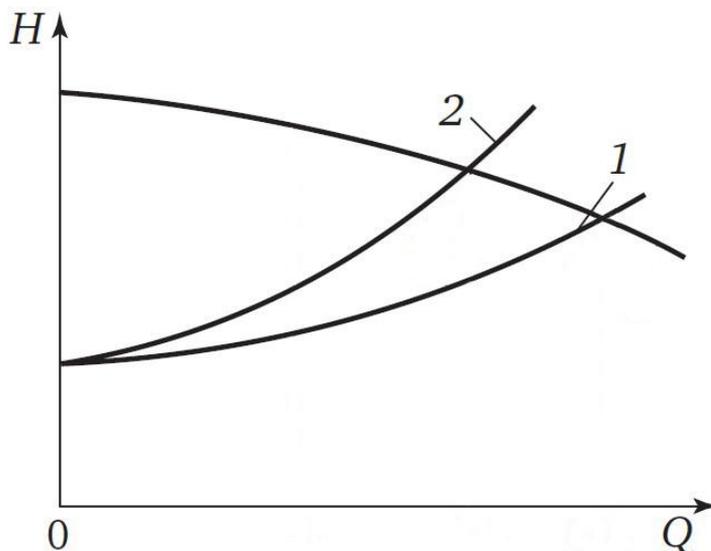


Рис.4.3. Дроссельные характеристики при регулировании подачи задвижкой

Во время дросселирования подачи насоса, рабочая точка перемещается по напорно-расходной характеристике вверх, при этом увеличивается напор, а подача и КПД уменьшаются.

Дроссельным способом регулирования можно менять подачу в широком диапазоне. Этот вид регулирования прост, надежен и наиболее часто применяется при эксплуатации насосных установок. Но он требует дополнительных затрат энергии на преодоление потерь в задвижке.

Регулирование работы насоса изменением частоты вращения рабочего колеса. В настоящее время в связи с развитием полупроводниковой техники большую популярность набирает частотно-регулируемый привод насосных агрегатов. В основе этого способа лежит закон пропорциональности, из которого следует:

$$Q_i = Q_0 \frac{n_i}{n_0}; \quad (4.6)$$

$$H_i = H_0 \left(\frac{n_i}{n_0} \right)^2 \quad (4.7)$$

С помощью этих уравнений можно произвести перестроение характеристики насоса $H_0=f(Q_0)$ при номинальной частоте вращения рабочего колеса n_0 на любую иную частоту вращения n_i .

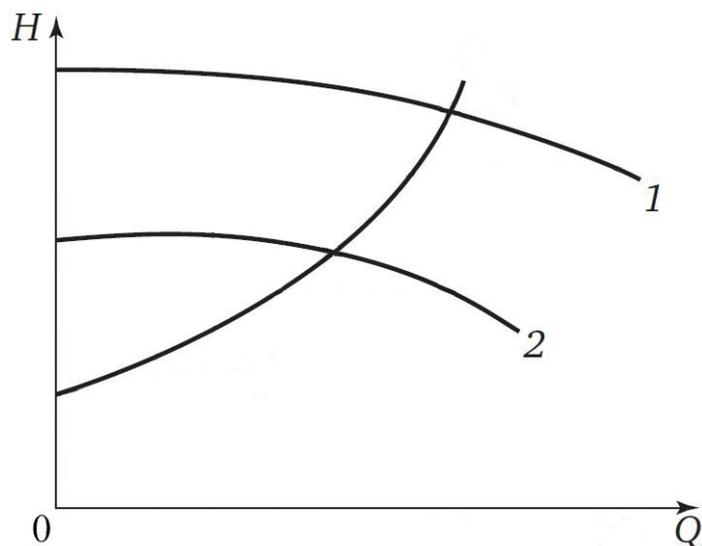


Рис 4.4. Изменение подачи в сеть

Из рис. 4.4 видно, что изменяя число оборотов насоса, можно получить требуемую подачу в сети.

Физика данного метода проста: снизив вдвое частоту вращения рабочего колеса насоса, в два раза уменьшается его подача, в четыре раза уменьшается напор и в восемь раз уменьшается потребление электроэнергии.

Современные регуляторы частоты вращения могут поддерживать постоянную подачу, или напор насоса, а могут изменять их в зависимости от потребности системы в разное время суток или дни недели.

Программное изменение частоты вращения рабочего колеса, не только обеспечит работу насоса с максимальным КПД, но и позволит снизить шумы возникающие во время работы, осуществлять мягкий пуск, снижать пусковые токи и исключить гидравлические удары.

Регулирование подачи центробежного насоса изменением частоты вращения двигателя целесообразно в системах с частыми и сильными колебаниями расхода воды, а также в случае высокой стоимости электроэнергии. В таких системах затраты на регулятор частоты вращения могут окупиться за несколько месяцев.

Описание лабораторной установки

1. Частотно-регулируемый электропривод “Danfoss VLTAQUADrive”
2. Электродвигатель 4АМА100L2У3
3. Консольный моноблочный насос КМ 65-50-160-С-УХЛ3
4. Манометр типа МЗМ ГОСТ 6521-60
5. Счетчик расхода ВМХ-50

Данный лабораторный комплекс расположен в корпусе «В» каб. 123.

Интеллектуальный привод VLT AQUA Drive FC202 используется в современных водохозяйственных системах. Системы водоснабжения и сточных вод являются приоритетной областью деятельности компании Danfoss Drives. Поэтому, частотные преобразователи производства Данфосс (Дания) делают возможным управление процессом водоснабжения с улучшенными характеристиками, при наименьшем энергопотреблении. Простота настройки и

широкие возможности преобразователя, делают его незаменимым для самых разнообразных задач.

Применение:

- опреснительные установки;
- скважинные насосы;
- установки очистки сточных вод;
- системы полива, распределение воды.

Номинальные данные преобразователя частоты Danfoss VLT AQUA Drive:

- номинальное напряжение $U_{ном} = 380$ В;
- номинальный ток $I_n = 13$ А;
- номинальная мощность: $P_n = 5,5$ кВт;
- выходное напряжение $U_{вых} = 0-100\%$ от входного номинального;
- выходная частота 0-1000Гц;
- перегрузка по моменту: 110% в течение 1 мин (135% в течение 0,5 с).

Номинальные данные двигателя 4АМА100L2У3:

$U_{ном} = 380$ В; $P_{ном} = 5,5$ кВт; $n_{ном} = 2880$ об/мин ; $\cos\varphi = 0,91$; $\eta = 87,5\%$; $I_{ном} = 10,5$ А; $S_n = 4\%$; $M_{max}/M_n = 2,2$; $M_{п}/M_n = 2$; $I_{п}/I_n = 6$;

Номинальные данные центробежного насоса:

- подача $Q_{ном} = 25$ м³/час = $6,94 \cdot 10^{-3}$ м³/с;
- напор $H_{ном} = 32$ м;
- $\eta = 62\%$;
- $n_{ном} = 1980$ об/мин. $\omega_{ном} = (\pi \cdot n_{ном})/30 = 312$ рад/с.

Номинальные данные счетчика расхода ВМХ-50:

- минимальная подача $Q_{мин} = 0,3$ м³/час;
- номинальная подача $Q_{ном} = 45$ м³/час;
- максимальная подача $Q_{макс} = 120$ м³/час;
- наименьшая цена деления $0,0005$ м³;
- гидравлическое сопротивление $S = 8,2 \times 10^{-4}$ м/(м³/ч)².

Порядок и методика выполнения исследований

1. Построить исходную Q-H-характеристику насоса и характеристику магистрали.

Переносим с учетом масштаба исходную Q-H-характеристику насоса КМ 65-50-160-С-УХЛЗ (рис 4) и определяя по этой характеристике значения Q и H вносим данные в графу «Q-H-характеристика насоса» таблицы 4.1.

Таблица 4.1

Результаты расчетов исходных характеристик

Q-H-хар-ка насоса	$Q, \frac{м^3}{ч}$	5	10	15	20	25	30
	$H, м$						
Хар-ка магистрали	$Q, \frac{м^3}{ч}$	5	10	15	20	25	30
	$H, м$						

Строим характеристику магистрали по уравнению (1), предварительно определив гидравлическое сопротивление R по уравнению (2). Примем $H_{ст}=5$ м, $Q_n = 25 \text{ м}^3/\text{ч} = 6,94 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, $H_n=32$ м (справочные данные насоса).

Далее, задаваясь значениями Q , определяем значения H . Полученные данные вносим в графу «Характеристика магистрали» таблицы 4.1. Используя полученные данные, строим Q - H -характеристику магистрали.

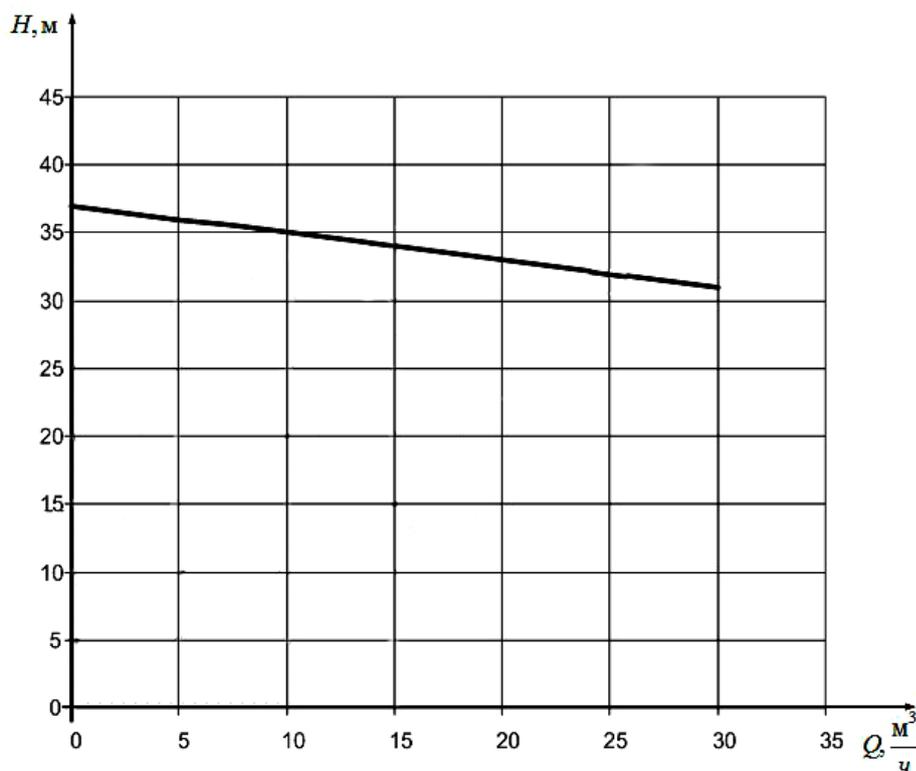


Рис. 4.5. Характеристика магистрали

2. Снять характеристику при дросселировании.

Задвижка 1 должна быть полностью закрыта перед началом эксперимента. Включить автомат QF1, перевести переключатель «Частотный преобразователь» в положение «Выключено», нажать кнопку «Пуск» и запустить двигатель. Контролируя давление P по манометру M и расход по счетчику C , величину потребляемой электрической мощности $P_{эл}$ по ваттметру W , через равные промежутки давления открывают задвижку, увеличивая производительность насоса.

Изменяя, таким образом, гидравлическое сопротивление сети, получают характеристику магистрали при регулировании расхода дросселированием, данные заносятся в таблицу 4.2. По окончании опыта нажать кнопку «Стоп» и остановить двигатель.

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g} \quad \text{и} \quad Q = \frac{10}{t_{изм}} \cdot 10^{-3}$$

Воспользовавшись формулами $H = \frac{P}{\rho \cdot g}$ и $Q = \frac{10}{t_{изм}} \cdot 10^{-3}$, получим значения напора, а также соответствующие значения производительности.

Полученные значения вносим в графу «Вычисленные величины» таблицы 4.2, используя данные таблицы, строим характеристику магистрали при

дресселировании. На пересечении характеристик получим точку В – режим работы насоса при дресселировании.

Таблица 4.2

Результаты регулирования дресселированием

№	Измеренные величины				Вычисленные величины			
	$P, \text{МПа}$	$t_{\text{изм}}, \text{с}$	$n, \frac{\text{об}}{\text{мин}}$	$f, \text{Гц}$	$P_{\text{эл}}, \text{кВт}$	$H, \text{м}$	$Q, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$	$Q \cdot 10^{-3}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$
1				50				
2								
3								
4								
5								
6								

3. Снять характеристику при частотном регулировании

Полностью открыть задвижку 1. Перевести переключатель «Частотный преобразователь» в положение «Включено». Нажать на панели управления ПЧ кнопку «Auto» и с помощью задатчика скорости R_3 , повышая задание скорости, увеличивать скорость вращения, установив частоту вращения $\omega = 0,5\omega_{\text{ном}}$.

Таблица 4.3

Результаты при частотном регулировании

$\omega_{\text{ном}}$	$Q_1, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$						
	$H_1, \text{м}$						
	$P_{\text{эл}}, \text{М}$						
$0,5\omega_{\text{ном}}$	$Q_2, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$						
	$H_2, \text{м}$						
	$P_{\text{эл}}, \text{М}$						

Контролируя давление по манометру М и расход по счетчику С, а также величину потребляемой мощности по ваттметру W, снять данные Q-H-характеристики при скорости вращения рабочего колеса $\omega = 0,5\omega_{\text{ном}}$. При этом получим координаты точки установившегося режима УР2 (рис. 4.1).

Достроить Q-H-характеристику при частотном регулировании согласно уравнениям пропорциональности (3) – (5). По окончании опыта задатчик скорости R_3 установить в положение «0» на панели управления, нажать кнопку «Off» и отключить питание, нажав кнопку «Стоп». Данные расчетов заносятся в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 содержит координаты Q_1-N_1 характеристики при номинальной частоте вращения $\omega=\omega_{ном}$, получаемые из исходной характеристики насоса и координаты Q_2-N_2 при частоте вращения $\omega=0,5\omega_{ном}$.

4. Сравнить расчетные потери мощности с экспериментальными

По построенным зависимостям определить потери при регулировании производительности насоса дросселированием и частотным регулированием, методами описанными в пояснениях к работе.

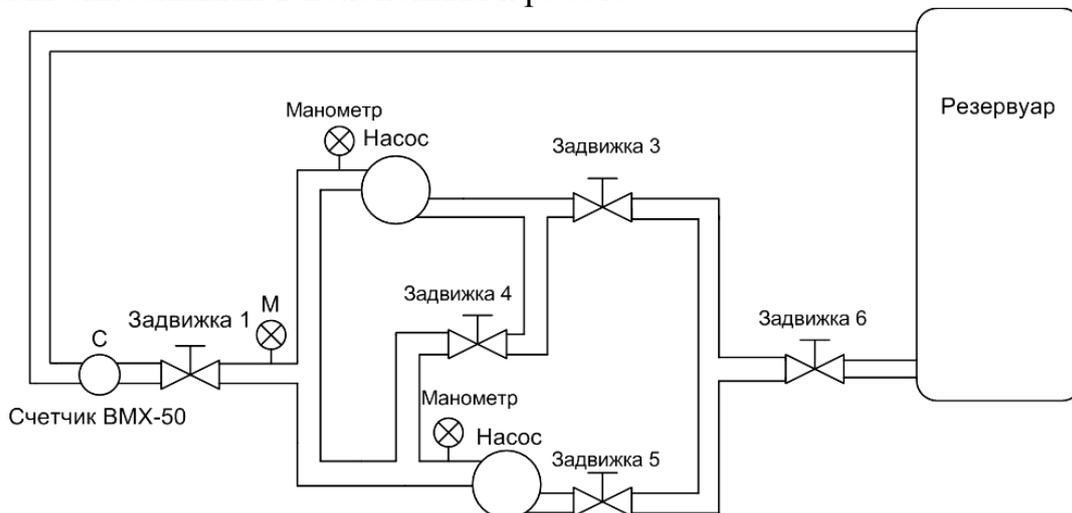


Рис. 4.6. Схема гидравлическая испытательного комплекса

Формулы и соотношения для расчетов

Для определения напора воспользоваться соотношением:

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g}$$

где P – давление, контролируемое по манометру М (Па), ρ – удельная плотность перекачиваемой жидкости ($кг/м^3$), $g=9,81 м/с^2$ – ускорение свободного падения.

Примечания:

1. Шкала манометра отградуирована в $кгс/см^2$, для перевода в величины давления в единицы СИ необходимо воспользоваться соотношением:

$$1 \frac{кг \cdot с}{см^2} = 98066,5 Па \approx 10^5 Па$$

2. Плотность перекачиваемой жидкости принять равной плотности воды,:

$$\rho = 10^3 \frac{кг}{м^3}$$

3. Счетчик расхода ВМХ-50 является счетчиком суммирующего типа, один оборот стрелки счетчика младшего разряда соответствует прохождению через диафрагму счетчика 10 л жидкости. Для определения производительности насоса необходимо:

а) определить время $t_{изм}$, за которое совершается один оборот,

$$Q = \frac{10}{t_{изм}} \cdot 10^{-3}, \quad м^3/с;$$

б) воспользоваться соотношениями $1л = 10^{-3} м^3$;

$$1 \frac{м^3}{с} = 3600 \frac{м^3}{ч}$$

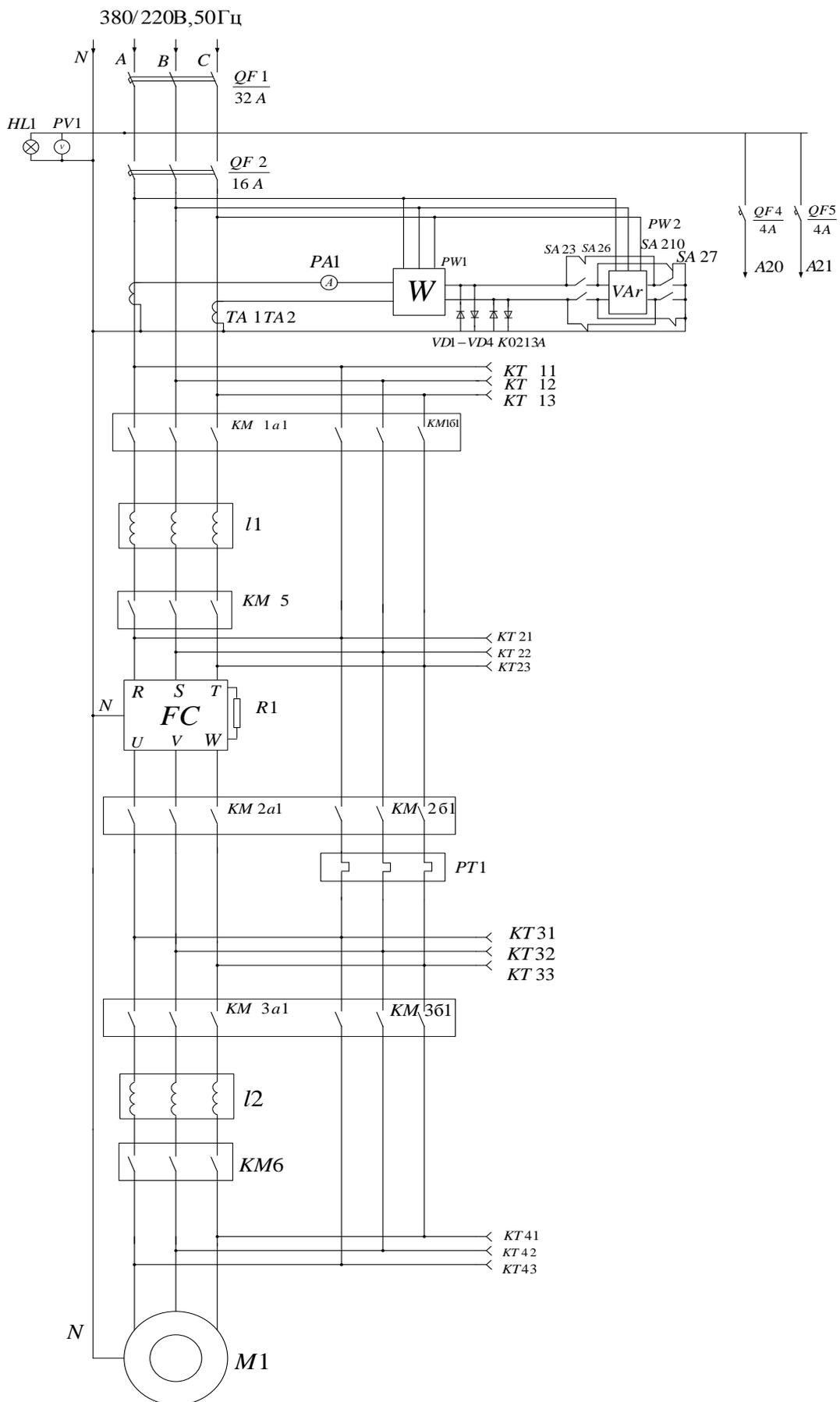


Рис. 4.7. Электрическая принципиальная схема комплекса «Частотно-регулируемый электропривод агрегата гидравлики»

Оформление отчета

Результаты выполненной работы должны быть представлены в виде отчета, содержащего:

1. Принципиальную схему лабораторного комплекса.
2. Расчеты гидравлического сопротивления и Q-H-характеристик.
3. Графики Q-H-характеристик при дросселировании и частотном регулировании.
4. Сравнительный расчет потребляемой мощности при дросселировании и частотном регулировании.
5. Выводы по результатам лабораторной работы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие требования предъявляются к электроприводу турбомеханизмов?
2. Каким образом строятся Q-H-характеристики насосной установки при регулировании производительности дросселированием и изменением скорость вращения рабочего колеса?
3. В чем суть методов регулирования производительности дросселированием?
4. Как изменяются напор, подача и КПД при дросселировании?
5. В чем преимущества частотного регулирования турбомеханизмов?
6. Как изменятся подача и напор при уменьшении частоты вращения рабочего колеса в 2 раза?
7. Каким образом обеспечивается энергосбережение средствами регулируемого электропривода?

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ OMRON

Цель работы. Изучение системы электропривода ленточного транспортера, проведение упрощенного кинематического расчета электропривода, получение навыков наладки преобразователя OMRON 3G3FV.

Основные теоретические сведения и соотношения

Ленточный транспортер – транспортирующее устройство непрерывного действия с рабочим органом в виде ленты. Основное назначение конвейера – перемещение грузов по заданной трассе из одного пункта в другой.

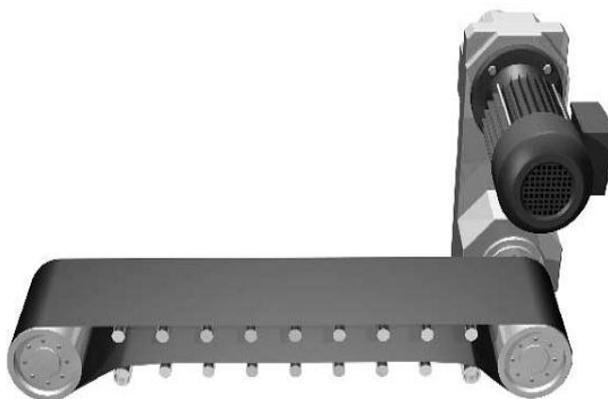


Рис.5.1. Ленточный конвейер с электрическим приводом

Ленточный конвейер является наиболее распространённым типом транспортирующих машин, он служит для перемещения насыпных или штучных грузов. Применяется на промышленных производствах, в рудниках и шахтах, в сельском хозяйстве. В зависимости от свойств и природы перемещаемого груза угол наклона рабочей стороны ленты может быть установлен до 30°.

Ленточные конвейеры бывают передвижными, переносными, поворотными и стационарными. Стационарные машины применяют для перемещения большого количества материалов на расстояние от 3 до 3000м., а передвижные и переносные машины – для перемещения небольшого количества материала на расстояние от 2 до 20м.

Конвейеры являются составной, неотъемлемой, иногда очень важной частью современного технологического процесса, они устанавливаются и регулируют темп производства, обеспечивают его ритмичность, способствуют повышению производительности труда и увеличению выпуска продукции. Наряду с этим конвейеры являются основными средствами комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских работ.

На предприятиях конвейеры используются в качестве:

- высокопроизводительных транспортных машин, передающих грузы из одного места в другое на участках внутривозовского и внешнего транспорта;
- транспортных агрегатов, мощных перегрузочных устройств, погрузочно-разгрузочных машин; машин для перемещения грузов – согласно технологическому процессу поточного производства от одного рабочего места к другому, от одной технологической операции к другой, регулируя темп производства и совмещая, иногда, функции накопителей (подвижных складов) и распределителей грузов – изделий по отдельным технологическим линиям;
- машин и передаточных устройств в технологических автоматических линиях изготовления и обработки деталей и узлов изделий.

Для решения задач, поставленных перед транспортерами необходимо помнить, что представляют собой механические характеристики рабочих органов, в частности конвейеров.

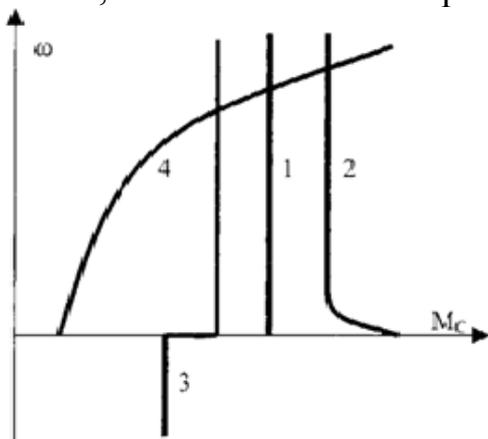


Рис. 5.2. Механические характеристики

Так на рис.5.2 показаны механические характеристики некоторых рабочих машин. Характеристика 1 соответствует машинам с рабочим органом резания; если толщина снимаемого резцом слоя постоянна, то момент сопротивления такой машины не зависит от скорости. Характеристика 2 отвечает условиям работы машин, где момент сопротивления определяется, главным образом, силами

трения (транспортёры, конвейеры и др. машины). В этом случае момент сопротивления также не зависит от скорости механизма, однако, при пуске

механизма момент, создаваемый силами трения покоя, может существенно превышать момент сил трения при движении.

Характеристика 3 относится к грузоподъемным механизмам, где момент сопротивления движению создается, главным образом, силой тяжести.

Для турбомеханизмов (центробежных и осевых насосов, вентиляторов и компрессоров) момент на валу механизма существенно зависит от скорости – характеристика 4.

Режимы работы ленточных конвейерных установок обусловлены задачей технологического процесса, которую они выполняют и их приближенно можно разделить на три вида:

– *нерегулируемый привод* (не требует особого контроля за перемещаемым грузом и в основном не автоматизирован);

– *регулируемый привод* (необходим для перемещения материалов, потока материалов с соблюдением определенных технологических параметров таких, как состояние материала, время, место, скорость и т.д., всегда автоматизирован);

– *регулируемый высокоточный привод* (необходим, когда возникает необходимость перемещения материала на четко определенные расстояния, с высокоточной остановкой, всегда автоматизирован).

Ниже приведена таблица 5.1. характеризующая три типа привода конвейеров (для примера даны характеристики двигателей мощностью 5,5 кВт).

Таблица 5.1

Характеристики двигателей

Характеристики	Асинхронный двигатель питающийся от сети (разомкнутый контур)	Асинхронный двигатель управляемый от ПЧ (замкнутый контур U/f)	Синхронный двигатель (сервопривод)
Диапазон регулирования	нет	100 : 1	300(10000) : 1
Пусковой момент	2,4 M _н	1,3 M _н	3 M ₀
Максимальное время разгона	0,23 сек	0,45 сек	0,2 сек
Максимальное ускорение	6,7 м/сек ²	3,5 м/сек ²	7,45 м/сек ²
Полный тормозной путь	150 мм	300 мм	125 мм
Теоретическая точность остановки	18 мм	0,4 мм	0,05 мм
Практическая точность остановки	25 мм	3 мм	0,5 мм
Перегрузка M/M _н	120	300 и более	300
t _{разг} (%) при замкнутом контуре управления (синхронный 100%)	450...500	300...400	100
Принудительное охлаждение для широкого диапазона регулирования	да	да	нет
Обслуживание (двигателя)	небольшое	небольшое	небольшое
Ремонт (двигателя)	легкий	легкий	сложный
Управление большой внешней массой	хорошо	хорошо	сложно из-за малого J _{дв}
4-х квадрантный режим	с тормозным прерывателем/ тормозным резистором	с тормозным прерывателем/ тормозным резистором	с возвратом энергии в сеть или тормозным прерывателем/тормозным резистором

Рассмотрим работу горизонтального ленточного конвейера.

При движении горизонтального конвейера его привод должен преодолевать статическую нагрузку F_c , обусловленную силами трения в подшипниках вращающихся элементов, в местах контакта роликов и тягового органа и в самом тяговом органе при его изгибании. Эти нагрузки определяют необходимую мощность двигателя конвейерных установок, работающих с малым количеством пусков и остановок:

$$P = \kappa_3 \frac{F_c \cdot V_p}{\eta_p}, \quad (5.1)$$

где κ_3 – коэффициент запаса, учитывающий погрешности расчёта сил сопротивления; V_p – рабочая скорость тягового органа; η_p – КПД редуктора привода конвейерной установки.

При пуске и торможении возникает дополнительная динамическая составляющая тягового усилия, зависящая от массы m движущихся частей и ускорения a конвейера:

$$F_\delta = m \cdot a, \quad (5.2)$$

$$\text{где } m = m_n + \frac{J_{\text{дв}} \cdot i_p^2 + J_\delta}{R_\delta};$$

m_n – поступательно движущиеся массы элементов конвейерной установки;

$J_{\text{дв}}$ – момент инерции ротора двигателя;

i_p – передаточное отношение редуктора привода конвейерной установки;

J_δ – момент инерции приводного барабана;

R_δ – радиус приводного барабана.

Полное тяговое усилие $F = F_c + F_\delta$ определяет необходимую перегрузочную способность привода конвейерной установки. Максимальная перегрузочная способность привода:

$$\lambda \geq \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = \frac{F}{\kappa_3 \cdot F_c}. \quad (5.3)$$

При анализе условий работы конвейера необходимо учитывать, что он представляет собой электромеханическую систему с упругим тяговым органом и распределёнными по его длине параметрами: массами перемещаемого груза и тягового органа, усилиями сопротивления движению. Это приводит к возникновению колебательных процессов в ветвях тягового органа и изменению их натяжений, что может также явиться причиной нарушения условия отсутствия проскальзывания. При этом в результате скольжения ленты по приводному барабану происходит усиленный износ тягового органа, который у ленточных конвейеров большой мощности является дорогостоящим элементом.

Применение релейно-контакторных схем и устройств плавного пуска решают вопросы обеспечения пусковых процессов конвейерных установок. Для реализации остальных требований к конвейерным установкам, таких как, регулирование скорости ленты в функции грузопотока или ограничения

динамических нагрузок, требуется применение регулируемого электропривода. В современных условиях наибольшими перспективами обладают частотно-регулируемые электроприводы с асинхронными и синхронными двигателями. На рис. 5.3 представлена типовая схема низковольтного асинхронного частотно-регулируемого электропривода с автономным инвертором напряжения на базе IGBT транзисторов. Преобразователи частоты построены на основе полупроводниковой силовой электроники: интеллектуальные силовые модули (IGBT-модуль), представляющие собой конструктивное единство силовых ключей и драйверов управления ими; встроенные элементы защиты и интерфейса с микроконтроллерной системой управления.

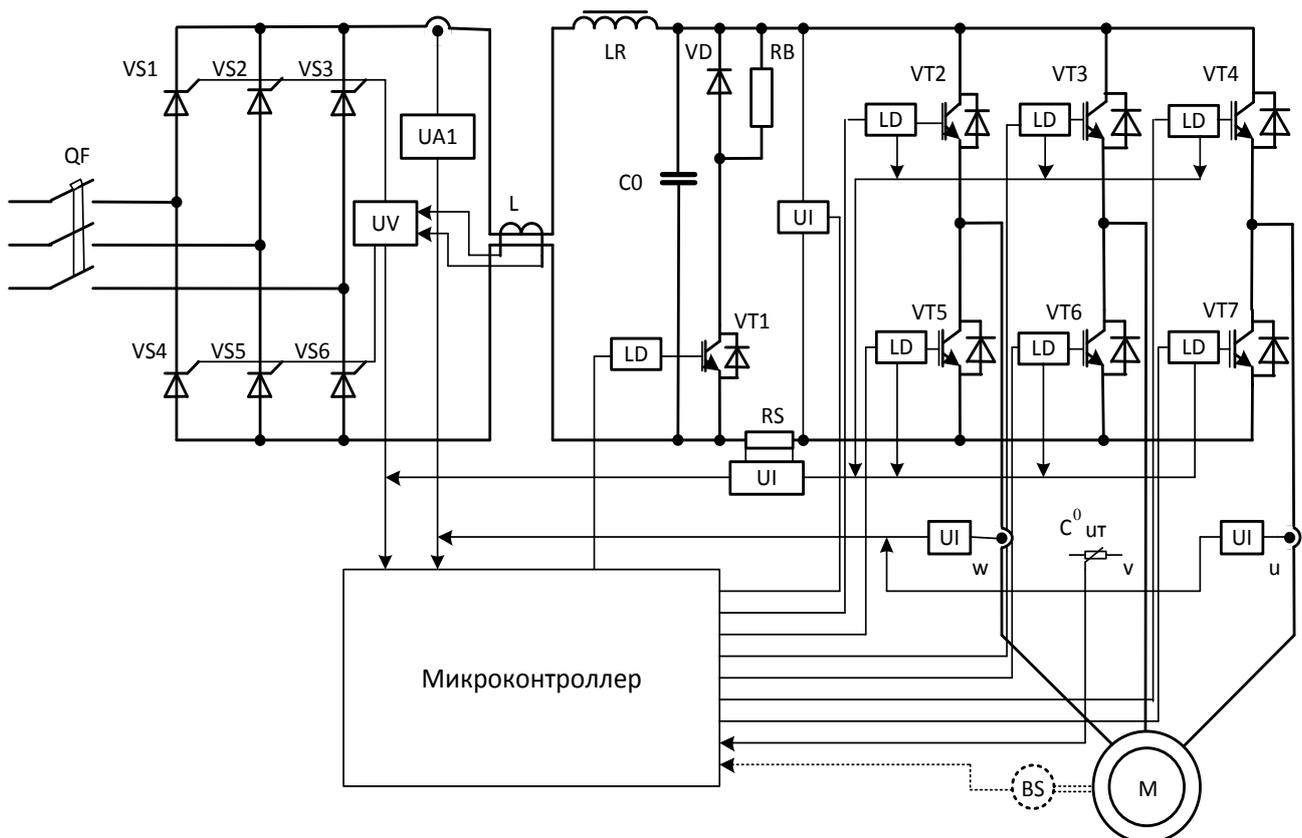


Рис.5.3. Типовая схема низковольтного асинхронного частотно-регулируемого электропривода с автономным инвертором напряжения

Микроконтроллерная система осуществляет функции управления, защиты и контроля. Система управления реализует следующие основные функции:

- прямое цифровое управление всеми элементами преобразователя, включая управление силовыми ключами в режиме широтно-импульсной модуляции (ШИМ);
- формирует модель двигателя;
- программное управление скоростью (частотой) или заданием технологической переменной в функции времени (часовые, суточные, недельные циклы);

- управление входным тиристорным преобразователем для плавного заряда конденсаторной батареей C_0 в звене постоянного тока;

- управление цепью приёма энергии торможения для её рассеяния на балластном резисторе R_B ;

- косвенное определение ряда дополнительных параметров с помощью цифровых наблюдателей: потребляемой мощности, расхода электроэнергии, технологических процессов (расход воды, воздуха и др.);

- ввод любого числа дополнительных параметров технологического процесса с интеллектуальных датчиков, в том числе с удаленных датчиков давления и температуры.

Микропроцессорная система защиты и контроля реализует следующие основные функции:

- управляет встроенной защитой от коротких замыканий и пропадания напряжения питания драйверов;

- контролирует токи утечки и перенапряжения в звене постоянного тока;

- контролирует перегрев автономного инвертора и двигателя;

- управляет защитой от обрыва и перекоса фаз;

- управляет максимально-токовой и времятоковой защитой.

Описание лабораторной установки



Рис.5.4. Преобразователь частоты OMRON



Рис.5.5. Ленточный транспортер

На рис.5.4. показан частотный преобразователь фирмы OMRON. Он состоит из цифрового пульта управления, в схеме управления присутствуют входы (A1, A2, V, AC), выходы (AM, FM), тумблер управления (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8), кнопки SB1, SB2, SB0 (пуск/вперед/назад), резистора R3 и сигнальных ламп MA/MS, M1/M2, M3/M4, M5/M6. На рис.3 показан ленточный транспортер, который состоит из электродвигателя, зубчато-ременной цепной передачи, датчика положения, приводного барабана, редуктора.

Порядок и методика выполнения исследований

1. Описание режимов работы преобразователя частоты.

Инвертор 3G3FV имеет 5 режимов работы, которые приведены в таблице 5.2.

Переключения режимов:

1. После запуска ЦПУ в работу нажатием клавиши «Menu», для переключения режимов работы необходимо нажимать клавиши «Вверх», «Вниз».

2. Для установки или чтения параметра в каждом из режимов нажмите клавишу «Enter».

3. Для перехода от дисплея параметров к дисплею режимов нажмите клавишу «Escape».

4. Уровень доступа устанавливается в параметре A1-01 режима инициализации.

Основные режимы работы

Режим 1	Главные функции 2
Режим управления	В данном режиме осуществляется запуск инвертора. Используйте режим для мониторинга значений параметров, таких как задатчиков частоты, выходного напряжения, вывода на дисплей информации об ошибке и истории ошибки.
Режим инициализация	Используется для выбора дисплея ЦПУ, выбора уровня доступа для изменения/чтения параметров, выбора режима регулирования или инициализация параметров.
Режим программирования	Используется при изменении/чтении параметров, требуемых для регулирования. Функции режима подразделяются на следующие группы: Применение: выбор режима регулирования, управление постоянным током возбуждения, поиск скорости и т. д. Задатчики: установки касающиеся V/f-регулирования. Двигатель: характеристики V/f и константы двигателя. Дополнительные: установки, касающихся дополнительных плат. Клеммы Вход/Выход: установки для последовательных входов и выходов. Защита: установки функции защиты двигателя и Инвертора. Пульт: производит переход к дисплею ЦПУ и функциям клавиш.
Режим автоматической настройки	(Осуществляется только в режиме векторного управления). Применяется при запуске двигателя с неизвестными характеристиками в режиме векторного управления. Параметры двигателя вычисляются и задаются автоматически.
Режим модифицированных констант	Используется для изменения/чтения параметров, значения которых изменены и отличаются от заданных при выпуске изготовителем.

2. Идентификация асинхронного двигателя.

Процедура идентификации АД проводится для определения параметров приводного двигателя (активное сопротивление обмотки статора, ротора;

индуктивного сопротивления обмотки статора, ротора, цепи намагничивания). В этом режиме ПЧ подаст на двигатель номинальные токи и напряжения, математический аппарат ПЧ определяет параметры путем вычисления.

Проведение идентификации АД осуществляется следующим образом.

1. Войти в меню «Autotuning» - «автонастройка».
2. Ввести значения ном.напряжения $U_{ном}$, ном.частоты $f_{ном}$, ном.тока $I_{ном}$, ном.скорости $\omega_{ном}$, число полюсов p .
3. Выбрать номер двигателя (по умолчанию 1).
4. Нажать кнопку «Run».

На дисплее будет отображаться процесс идентификации. Процесс должен завершиться отображением сообщения «TuneSuccessfull» - «настройка выполнена успешно».

Таблица 5.3

Режим включения идентификации электродвигателя

Последовательность нажатия клавиш	Дисплей	Пояснение
	MainMenuProgammig	Отображает режим программирования
Вверх	MainMenuAuto Tuning	Отображает режим автоматической настройки
Enter	Rated Voltage 380.0 VAC	Отображает номинальное напряжение
Вверх	Rated Current 3.10	Отображает номинальный ток
Вверх	RatedFrequency 50.0Hz	Отображает номинальную частоту
Вверх	Rated Speed 950 RPM	Отображает номинальную скорость
Вверх	Number of Poles	Отображает количество полюсов
Вверх	Select Motor ½ 1	Отображает выбор двигателя
Вверх	Tuning Ready? Press Run Key	Отображает запрос подтверждения для запуска функции автоматической настройки
Run	Tune Proceeding	Начинает выполнение функции автоматической настройки
	Tune Successful	Отображает завершение автоматической настройки
Menu	Main Menu Operation	Возвращается к дисплею режима управления

3. Изучение способов управления входными сигналами системы управления электроприводом транспортера.

На лабораторном стенде в схеме управления присутствуют входы (A1, A2, V, AC), выходы (AM, FM), тумблера управления (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8), кнопки SB1, SB2, SB0, резистора R3 и сигнальных ламп MA/MS, M1/M2, M3/M4, M5/M6

Описание:

1) входы преобразователя:

A1- вход датчика частоты (ток);

A2- вход датчика частоты (напряжение).

Для программирования входа датчика используем параметры: нажимаем на кнопку MENU выбираем Mainmenuprogramming=>GroupH=>H1 Multigroup=> H1-03=>C (включение клеммы 16(включает многофункциональный аналоговый вход)), далее заходим в H3 Multigroup=>H3-05=>3 (смещение напряжения):

V- вход для измерения с вольтметром;

AC-общий вход.

2) выходы преобразователя:

AM, FM – аналоговые выходы.

3) тумблеры управления:

S1-Режим вращения Вперед;

S2-Режим вращения Назад;

S3-Ошибка Alarm;

S4-Сброс ошибки;

S5-Многофункциональный датчик;

S6- Многофункциональный датчик;

S7- Работа с минимальной частотой;

S8-Останов.

4) кнопки SB1-вперед; SB2-назад; SB0-стоп – используются при установке режима трехпроводной линии.

5) резистора R3-осуществляется регулировка скорости транспортера с изменением напряжения.

6) сигнальных ламп:

MA/MS-сигнальная лампа загорается при выходе ошибки;

M1/M2- многофункциональная программируемая сигнальная лампа;

M3/M4- многофункциональная программируемая сигнальная лампа;

M5/M6- многофункциональная программируемая сигнальная лампа.

Порядок действий по изучению способов управления входящими сигналами:

1. Запрограммировать кнопку 16 на заданный уровень напряжения (вход ПЧ, кнопка 14) параметр 16.

2. Соединить клеммы A1 с A1, AC1 с AC (выход 34). Таким образом осуществляется управление токовым сигналом.

3. Увеличивая сигнал 34 (ток) убедиться в реакции ЭП на сигнал. (Привод начнет разгоняться).

4. Перепрограммировать ПЧ на управление от 34 (напряжение), проделать пункт 3.

5. Проверить действие тумблеров S1, S2, S3, S8 и загорание сигнальных ламп МА/МС, М1/М2, М3/М4, предварительно запрограммировав их включение в параметрах 16-2.

6. Запрограммировать ПЧ на работу от внешних сигналов с кнопок SB0, SB1, SB2, осуществляющих включение «вперед», «назад», «стоп». (Ввести в параметр 16-3 – управление с кнопок)

4. Изучение кинематической схемы транспортера и расчет основных параметров.

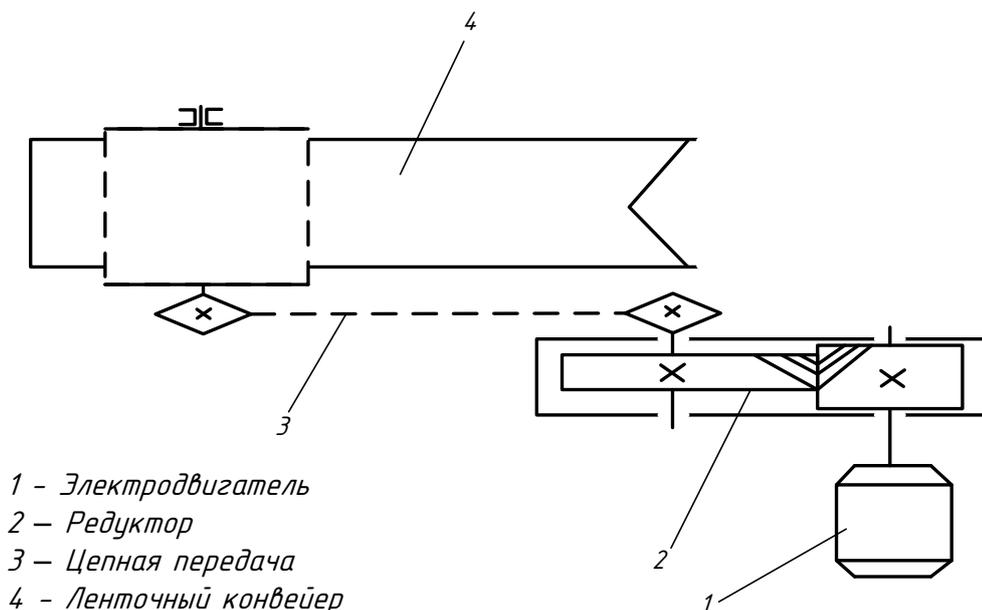


Рис. 5.6. Кинематическая схема ленточного транспортера

По заданной скорости $U_{ТЛ}$ транспортной ленты необходимо рассчитать (в В) сигнал задатчика частоты (ЗЧ).

Методика и пример расчета кинематической схемы транспортера.

Рассмотрим методику и пример кинематического расчета транспортера при заданной скорости ленты 0,7 м/с.

Порядок работы:

1) выписать данные двигателя, редуктора и цепной передачи на стенде ($i_p=31,5$; $i_c=18/12$; $P_{дв}=0,75$ кВт; $U_n=1000$ об/мин).

2) измерить диаметр барабана ($d=0,24$ м) с помощью часового тахометра.

3) Вычислить необходимую величину сигнала 34 (напряжение), для скорости ленты 0,5 м/с.

Рабочие формулы:

$i_c = \frac{Z_6}{Z_p}$, где (Z_6 – число зубьев звездочки, установленной на валу барабана,

Z_p – число зубьев звездочки на выходном валу редуктора)

Связь линейной и угловой скоростей вращения:

$\omega = v/R$, где R- радиус тела вращения

$\omega = \frac{\pi n}{30}$, где ω - угловая скорость (рад/с), n-частота вращения (об/мин.)

Минимальная скорость транспортерной ленты $v_{т.л.}$ совпадает с минимальной скоростью движения барабана (валка) транспортера $v_{т.л.} = v_6 = 0,7$ м/с

Угловая скорость барабана:

$$\omega_6 = v_6/R_6 = 2v_6/D_6$$

$$\omega_6 = 2 \cdot 0,7 / 0,24 = 5,83 \text{ рад/с}$$

Очевидно, что: $\frac{\omega_6}{\omega_{\text{ВЫХ}}} = i_{ц}$, откуда $\omega_{\text{ВЫХ}} = \frac{\omega_6}{i_{ц}}$

Где $\omega_{\text{ВЫХ}}$ - угловая скорость выходного вала редуктора

$$\omega_{\text{ВЫХ}} = \frac{5,83}{1,5} = 3,89 \text{ с}^{-1}$$

так как $\frac{\omega_{\text{ВХ}}}{\omega_{\text{ВЫХ}}} = i_p \Rightarrow \omega_{\text{ВХ}} = i_p \cdot \omega_{\text{ВЫХ}} = 31,5 \cdot 3,89 = 122,53 \text{ с}^{-1}$

$\omega_{\text{ВХ}} = \omega_{\text{ДВ}} = 122,53 \text{ с}^{-1}$ – угловая скорость вала двигателя

$$\omega_{\text{ДВНОМ}} = \frac{\pi n_{\text{НОМ}}}{30}$$

$$\omega_{\text{ДВНОМ}} = \frac{3,14 \cdot 1410}{30} = 147,58 \text{ с}^{-1}$$

Считаем, что $U_3 = 100\%$ (10 В) $\omega_{\text{ДВНОМ}} = 147,58 \text{ с}^{-1}$, тогда скорости $\omega_{\text{ДВНОМ}} = 122,53 \text{ с}^{-1}$ что соответствует $U_3 = 83\%$ (8,3 В).

5. Построение регулировочных характеристик ЭП

Опытным путем построить регулировочную характеристику.

Порядок действий:

Увеличивая сигнал задания внешнего 34 (напряжение), измерить скорость ленты.

Таблица 5.4

Результаты измерений скорости ленты и величины входного сигнала

v , (м/с)	0,1	0,1	0,3	0,5	0,68	0,9
U , (В)	1	2	4	6	8	10

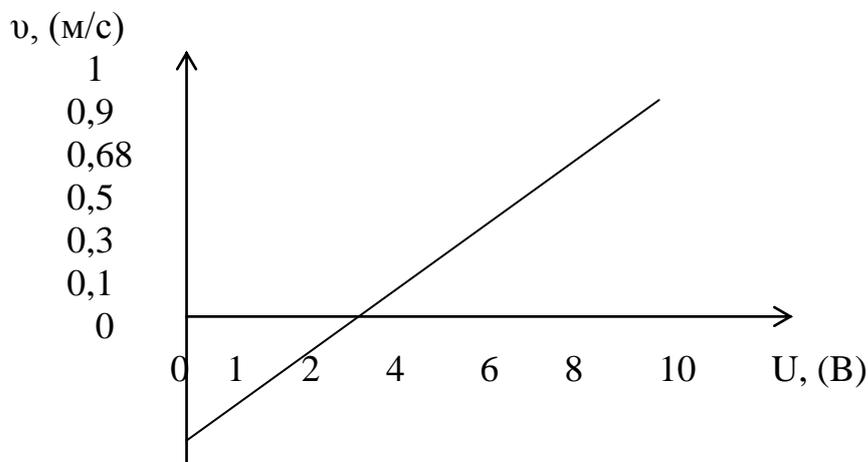


Рис.5.7. Регулировочная характеристика ЭП транспортера

Для снятия регулировочных характеристик требуется задавать величину сигнала задания с помощью задатчика частоты, отслеживая его по вольтметру, и замерять скорость движения ленты с помощью механического тахометра. Результаты измерений занести в таблицу 5.4 и построить зависимость $v=f(U_{вх})$.

6. Для изучения замкнутой системы регулирования ленточного транспортера, рассмотрим на примере работу отдельного узла компенсатора натяжения транспортера

Правильную работу отдельных узлов оборудования, прежде всего синхронизирование скорости конвейеров обеспечивают ролики, закрепленные на опрокидных плечах - так называемые компенсаторы, или балансиры, которые управляют скоростями так, чтобы не возникала деформация ленты профиля.

Принцип работы компенсатора следующий: лента профиля проходит через ролик (компенсатор) 1-1, который закреплен на опрокидных плечах 1-9. На оси опрокидных плеч закреплена шестерня 1-6 и эксцентрический затеняющий кулачок 1-4. Шестерня входит в зацепление с зубчатой рейкой 1-5. Рейку двигает поршень пневматического цилиндра 1-8. На основе перемещения поршневого штока пневматического цилиндра 1-8 компенсатор перемещается или в рабочее положение, или из рабочего положения. Положение поршня считывают индуктивные датчики 1-12 находящиеся на пневматическом цилиндре.

После подвода лены профиля к началу соответствующего устройства затеняется оптоэлектронный датчик присутствия материала, находящийся на этом или предыдущем устройстве. Сигнал от датчика ослабит поршень, и компенсатор перемещается в рабочее положение.

Положение компенсатора 1-1 в последующем зависит только от тяги материала.

Положение компенсатора (угол) считывает аналоговый индуктивный датчик 1-3, который затеняет кулачок 1-4. На основе сигнала от датчика, который вводится в систему управления, осуществляется коррекция скорости следующего устройства (конвейера).

Пневматический цилиндр 1-7, которым управляет пропорциональный клапан, обеспечивает прижим компенсатора к материалу. Величина силы прижима определяется системой управления на основе технологической рецептуры (в процентах от максимальной величины).

На противоположном конце плеча 1-9 закреплен противовес 1-2.

(Положение пневматических цилиндров и зубчатой рейки может быть также вертикальное).

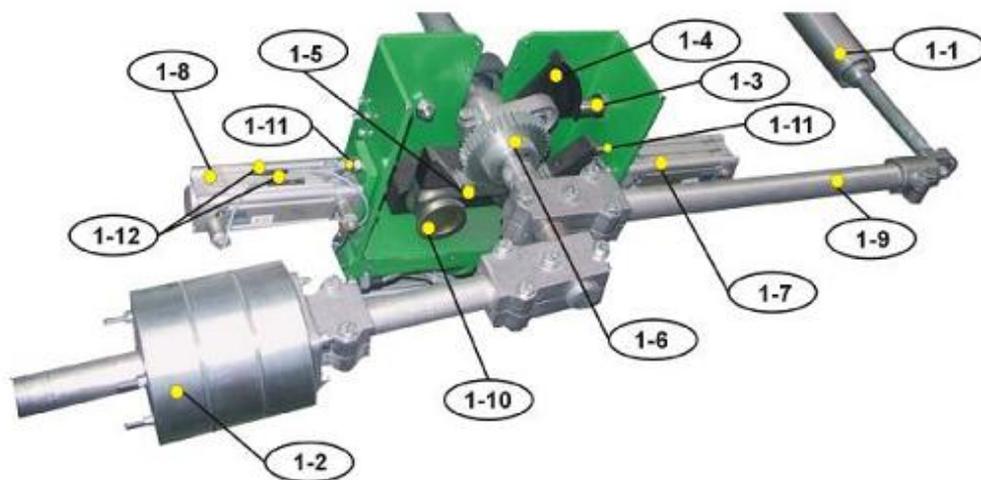


Рис. 5.8. Компенсатор натяжения

Описание рисунка:

1-1 Компенсатор.

1-2 Противовес.

1-3 Аналоговый индуктивный датчик считывания положения компенсатора. Датчик затеняет эксцентрический затеняющий кулачок 1-4.

1-4 Эксцентрический затеняющий кулачок.

1-5 Зубчатая рейка.

1-6 Шестерня.

1-7 Пневматический цилиндр(управляемый пропорциональным клапаном) – обеспечивает прижим компенсатора к материалу. Величина силы прижима определяется системой управления на основе технологической рецептуры.

1-8 Пневматический цилиндр, который опрокидывает компенсатор или в рабочее положение, или из рабочего положения. На основе сигнала от датчика присутствия материала компенсатор опрокидывается в рабочее положение.

1-9 Опрокидное плечо компенсатора.

1-10 Опорная ось зубчатой рейки 1-5.

1-11 Ограничители хода зубчатой рейки 1-5.

1-12 Датчики крайних положений компенсатора

Технологическое требование поддержания высоты определяет необходимость использования замкнутой системы электропривода с регулятором.

Структурная схема рассматриваемой замкнутой системы регулирования высоты петли имеет вид, изображенный на рисунке 5.9.

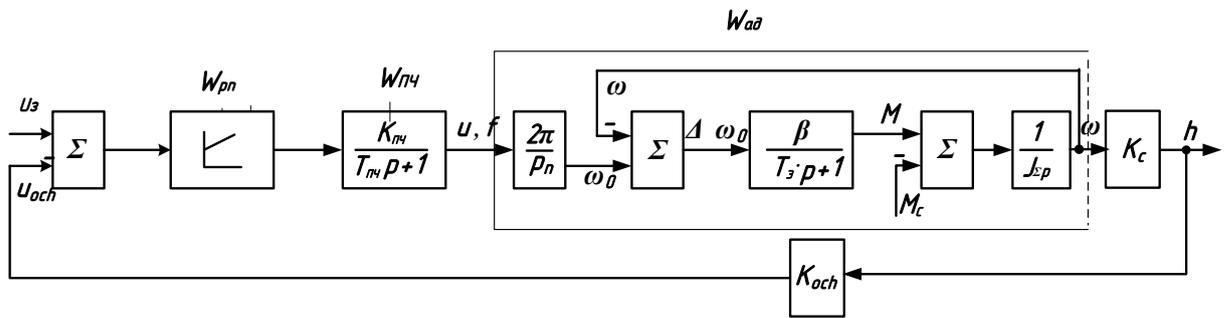


Рис. 5.9. Структурная схема замкнутой системы регулирования высоты петли

где $W_{PII}(p)$ – передаточная функция регулятора уровня высоты петли;

$W_{ПЧ}(p)$ – передаточная функция преобразователя частоты;

$W_{АД}(p)$ – передаточная функция асинхронного двигателя;

K_C – коэффициент зависимости высоты петли от скорости;

$K_{оч}$ – коэффициент обратной связи по уровню высоты петли.

Результат синтеза приведенной замкнутой структуры $W_{PII}(p)$ обычно представляет собой ПИ-регулятор.

Коэффициент K_{oc} , учитывающий связь между скоростью АД и его частотой вращения и определяется следующим образом:

$$K_c = \frac{h}{\omega_{НОМ}} \quad (5.4)$$

где U_{ocmax} – сигнал обратной связи по скорости, для серийных операционных усилителей $U_{ocmax} = 10$ В

$\omega_{НОМ}$ – номинальная скорость вращения двигателя.

$$\omega_{НОМ} = \frac{\pi \cdot n_{НОМ}}{30} \quad (5.5)$$

$$\omega_{НОМ} = \frac{3,14 \cdot 950}{30} = 99,4 \text{ рад/с}$$

$$K_{oc} = \frac{U_{ocmax}}{h} \quad (5.6)$$

$$K_{oc} = \frac{10}{0,2} = 100 \text{ с} .$$

В качестве источника обратной связи высоты петли материала в лабораторном стенде используется индуктивный датчик положения с аналоговым выходом (ДПА) преобразующий значение расстояния между активной поверхностью датчика и объектом воздействия (металлическим предметом) в величину токового сигнала на выходе.

Схема включения датчика приведена на рис. 5.9.

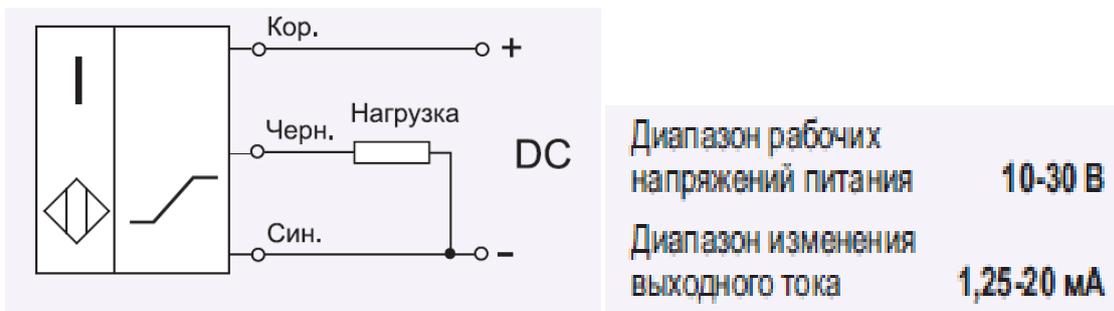


Рис. 5.9. Диапазон чувствительности датчика 6 мм

Оформление отчета

Сделать выводы по проделанной работе, составить отчет и ответить на контрольные вопросы. Результаты выполненной работы должны быть представлены в виде отчета, который должен содержать принципиальную схему лабораторной установки, таблицы расчетных и опытных данных, графики снятых зависимостей, выводы по результатам лабораторной работы. Необходимо так же ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую систему чаще всего применяют для регулируемых электроприводов ленточного транспортера?
2. Из чего состоит ленточный транспортер?
3. Сколько режимов работы имеет частотный преобразователь OMRON?
4. В чем состоит основная цель кинематического расчета?
5. Что такое регулировочная характеристика электропривода?
6. Какая система регулирования ленточного транспортера применяется в данной лабораторной работе?

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Цель работы. Изучение конструкции центробежного вентилятора, определение его статических характеристик, изучение замкнутой по давлению системы управления вентилятором с преобразователем частоты DanfossFC102.

Основные теоретические сведения и соотношения

Центробежные промышленные вентиляторы применяют для перемещения не агрессивных газообразных сред, температура которых не более 80°C. Такие вентиляторы сегодня наиболее распространены в промышленности.

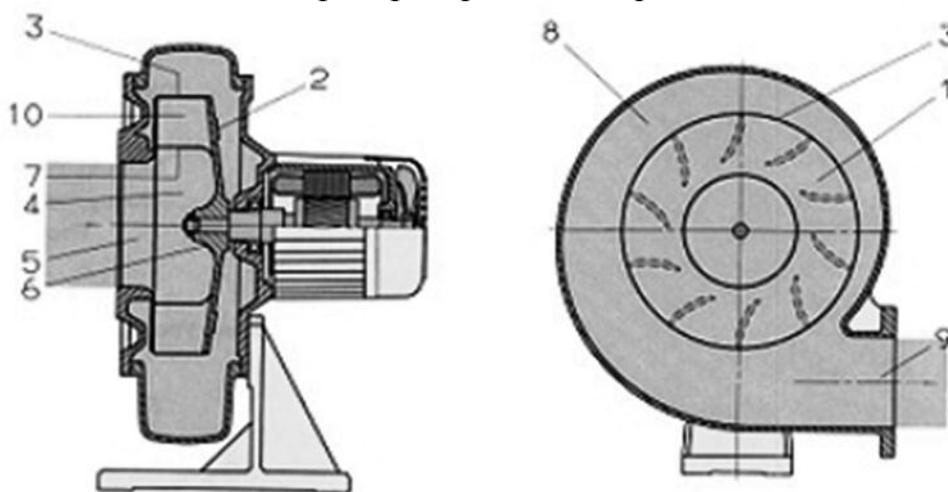


Рис. 6.1. Конструкция и принцип действия центробежного вентилятора

В центробежных вентиляторах воздух всасывается в осевом направлении, а выдувается в радиальном, перемещаясь в спиральном корпусе под действием центробежных сил. Весь процесс можно описать следующим образом:

Как только рабочее колесо (2) начинает вращение, воздух из зоны между лопатками рабочего колеса (1) под действием центробежной силы направляется к краю колеса (3). Как следствие, в центре (4) рабочего колеса образуется зона низкого давления, что приводит к всасыванию воздуха извне в заборное отверстие (5). В центре камеры (6) поток воздуха изменяет направление своего движения с осевого на радиальное и поступает в свободное пространство между лопатками рабочего колеса (7). Поскольку рабочее колесо вращается с высокой скоростью, воздух направляется к внутренней стенке спирального корпуса (8).

На данном этапе скорость воздуха замедляется, так как часть кинетической энергии преобразуется в энергию сжатия. Внутри спирального корпуса образуется мощный поток воздуха, и избыточное давление. Через выходное отверстие (9) воздух поступает в трубопровод, а оттуда - в рабочую зону.

Когда требуется создать вакуум, трубопровод подсоединяется к заборному отверстию (5) вентилятора. При повышении скорости вращения рабочего

колеса, производительность вентилятора и создаваемая им разница давлений увеличиваются, однако также возрастает и требуемая мощность двигателя.

Приводом для вентилятора обычно служит электродвигатель, с которым вал вентилятора соединен или непосредственно или ременной передачей со шкивом на валу вентилятора. В первом случае установка получается более компактной, во втором случае получается минимум шума (гудения). Уменьшению шума способствует также и загнутая вперед форма лопастей. Лопасты, загнутые назад, делаются лишь в вентиляторах высокого давления с целью повышения к.п.д. этих вентиляторов.

Применяют три способа регулирования центробежных вентиляторов: дроссельный или шиберный, изменением числа оборотов и направляющими аппаратами, устанавливаемыми на всасывающей стороне. Дроссельное или шиберное регулирование центробежного вентилятора распространено очень широко. Оно осуществляется при помощи шибера, устанавливаемого на всасывающей или на нагнетательной стороне вентилятора, работающего с постоянным числом оборотов. Всякое уменьшение производительности вентилятора (в этом случае выбирают вентилятор с максимальной характеристикой) сопровождается введением в сеть дополнительного сопротивления шибера. Таким образом, вентилятор переходит на другой режим работы, причем сопротивление, которое он преодолевает, складывается из сопротивления сети при заданной производительности и дополнительного сопротивления шибера. По характеристике вентилятора можно видеть, что этот способ регулирования очень неэкономичен из-за больших потерь энергии при дросселировании. При этом со стороны всасывания потери меньше, чем со стороны нагнетания.

Регулирование изменением числа оборотов вентилятора наиболее эффективно. Изменение частоты вращения позволяет всегда использовать вентилятор с оптимальным КПД. Таким образом, регулирование подачи изменением частоты вращения является наилучшим с точки зрения энергоэффективности.

Таким образом, регулирование подачи изменением частоты вращения является наилучшим с точки зрения энергоэффективности. К статическим характеристикам центробежных вентиляторов относятся рабочие и механические характеристики. Рабочими характеристиками называются зависимости давления P , коэффициента полезного действия η и потребляемой мощности N от производительности вентилятора Q . Механическими характеристиками центробежных вентиляторов называются зависимости скорости вращения от момента сопротивления для различных значений аэродинамического сопротивления.

В паспортных данных центробежных вентиляторов приводятся рабочие характеристики, например изображенные на рис.6.2.

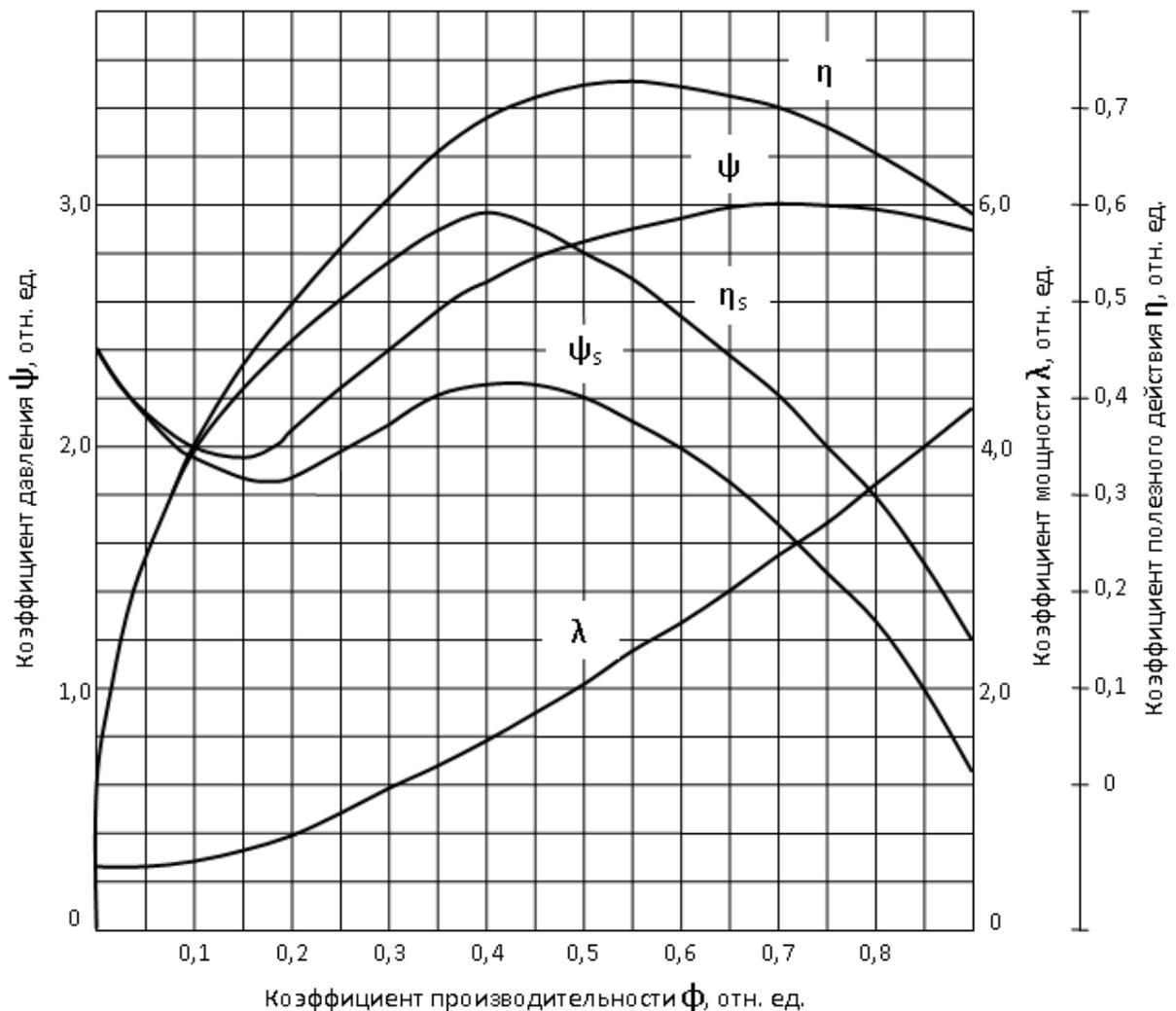


Рис. 6.2. Рабочие характеристики центробежных вентиляторов ВЦ 14-46

Режимы работы центробежных вентиляторов определяются точками пересечения их напорных характеристик, с напорными характеристиками всасывающего и нагнетательного воздухопроводов, которые описываются уравнением:

$$P = R \cdot Q^2, \quad (6.1)$$

где R – аэродинамическое сопротивление воздухопроводов, $\text{м}^6\text{ч}^2/\text{Па}$.

Напорные характеристики воздухопроводов для четырех произвольных величин аэродинамического сопротивления R_1 - R_4 показаны на рис. 6.3.

При увеличении аэродинамического сопротивления R_i точки рабочего режима A_i смещаются вверх, в результате чего производительность центробежного вентилятора уменьшается, а давление на нагнетании увеличивается.

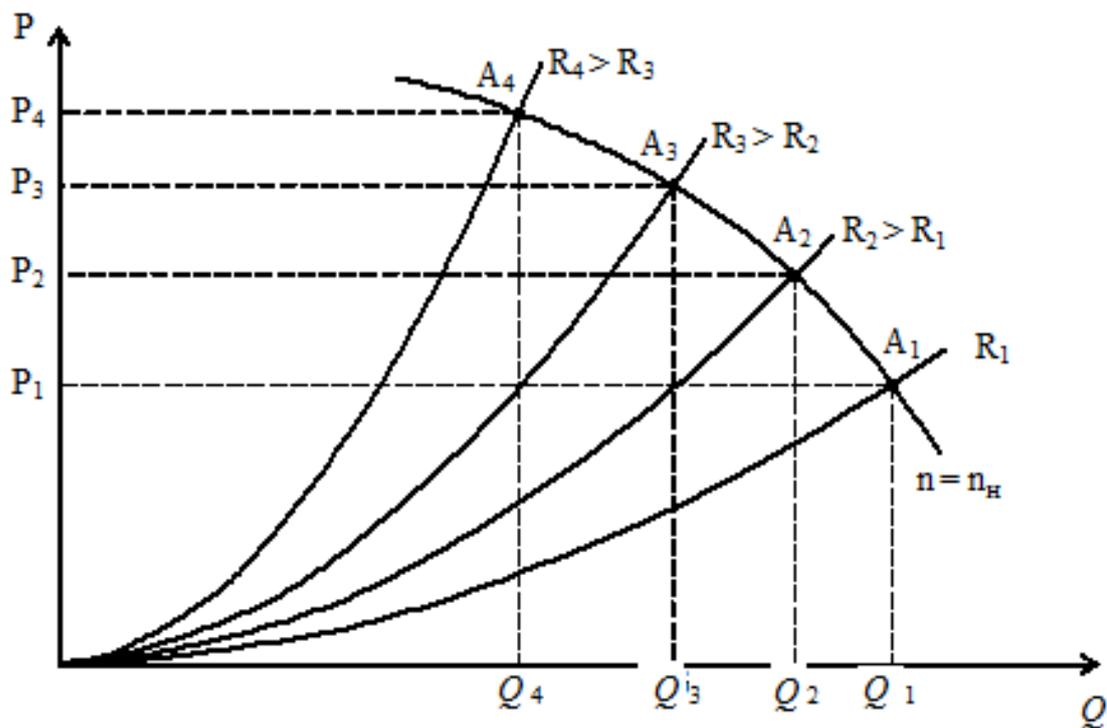


Рис.6.3. Определение режимов работы центробежного вентилятора

Механическая мощность, подводимая к центробежному вентилятору, определяется по мощности на валу электродвигателя, так как в статическом режиме $P_{2\partial\partial} = N_1$. Механическую мощность $P_{2\partial\partial}$ на валу электродвигателя можно определить по электрической мощности, потребляемой из сети. Из анализа рабочих характеристик асинхронных двигателей следует, что зависимость $P_{1\partial\partial}$ от нагрузки на валу двигателя $P_{2\partial\partial}$ является практически линейной и можно записать:

$$P_{1\partial\partial} = P_{0\partial\partial} + \frac{1}{k} P_{2\partial\partial} \quad (6.2)$$

Откуда:

$$N_1 = P_{2\partial\partial} = k(P_{1\partial\partial} - P_{0\partial\partial}), \quad (6.3)$$

где k – коэффициент пропорциональности, $P_{0\partial\partial}$ – потребляемая мощность асинхронного двигателя без нагрузки, $P_{1\partial\partial}$ – потребляемая мощность асинхронного двигателя при нагрузке.

Коэффициент пропорциональности k можно определить из уравнения, если вместо потребляемой мощности и мощности на валу электродвигателя подставить данные, соответствующие номинальному режиму работы.

Полезная мощность, затрачиваемая вентилятором для создания воздушного потока, на основании экспериментальных данных определяется по формуле, кВт:

$$N_{\text{пол}} = \frac{Q \cdot P}{102}, \quad (6.4)$$

где Q – производительность вентилятора, м³/с; P – давление на нагнетании вентилятора, мм.вод.ст. (1 мм.вод.ст. = 10Па).

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка содержит систему электропривода центробежного вентилятора, в состав которой входят:

1. Центробежный вентилятор С100-00-046 с выходным воздухопроводом, содержащим перекрывающий его механизм (шибер).

Кинематическая схема системы электропривода центробежного вентилятора и его примерная конструкция изображена на рис. 6.4.

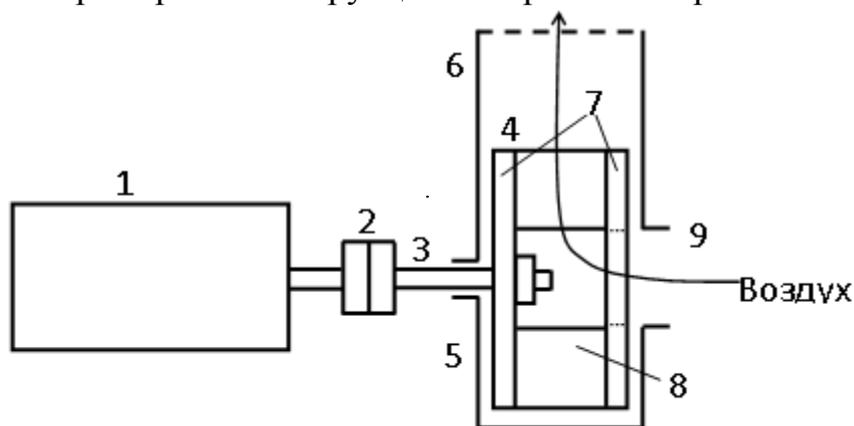


Рис. 6.4. Кинематическая схема системы электропривода центробежного вентилятора и его конструкция

В кинематическую схему системы электропривода центробежного вентилятора входят ротор и вал асинхронного двигателя 1, соединительная муфта 2, вал вентилятора 3 и рабочее колесо 4. Рабочее колесо состоит из двух боковых дисков 7 и жестко закрепленных между ними лопаток 8. Рабочее колесо 4 находится в улиткообразном корпусе 5, который заканчивается нагнетательным патрубком 6. При вращении рабочего колеса 4 поток воздуха засасывается через всасывающий патрубок 9, раскручивается с помощью лопаток 8 рабочего колеса и под действием центробежных сил отбрасывается к внутренней поверхности корпуса 5, а затем выбрасывается в нагнетательный патрубок 6.

2. Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором во взрывозащищенном исполнении АИМЛ63В2, соединенный с центробежным вентилятором через муфту.

Электродвигатели типа АИМЛ предназначены для привода механизмов внутренних и наружных установок взрывоопасных производств химической, газовой, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности, в которых возможно образование взрывоопасных паро- и газоздушных смесей

Маркировка взрывозащиты двигателя: 1Exde IIВТ4.

Расшифровка маркировки взрывозащиты:

1 – уровень взрывозащиты;

Ex – взрывозащищенный;

d – вид взрывозащиты;

IIВ – группа взрывозащиты;

T4 – температурный класс.

У двигателей АИМЛ активные части и вводные устройства имеют взрывозащиту «d» – «взрывонепроницаемая оболочка».

Таблица 6.1

Номинальные данные электродвигателя

Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение питания, В	Частота сети, Гц	КПД	$\cos \varphi$
0,55	2700	380	50	73	0,82

3. Преобразователь частоты DanfossFC102 серии VLT HVAC мощностью 1,1кВт.

Варианты применения преобразователя частоты DanfossFC102:

– системы вентиляции и кондиционирования в зданиях и в жилых помещениях;

– управление спиральными, винтовыми, центробежными компрессорами;

– системы централизованного теплоснабжения.

Специальные функции для управления насосами:

– насосный каскадный контроллер;

– режим ожидания;

– защита насосов от работы всухую и в крайних точках характеристики.

Специальные функции для управления вентиляторами:

– снижение стоимости системы кондиционирования воздуха, за счет встроенного логического контроллера и автоматически настраиваемых 4-ех ПИД-регуляторов;

– расширение возможностей центральной системы управления (все входы/выходы преобразователя могут быть использованы как дистанционные входы/выходы общей системы управления);

– программируемые функции (работа в выходные и рабочие дни, многозонный контроль давления, баланс потока между поступающим воздухом и воздухом на выходе);

– контроль обрыва ремня.

На рис. 6.5 показана схема соединений преобразователя частоты DanfossFC102 VLTHVACDrive. Силовое питание заводится на клеммы 91 (L1), 92 (L2) и 93 (L3), а к клеммам 96 (U), 97 (V) и 98 (W) подсоединяется двигатель. Клеммы 88 и 89 могут использоваться для распределения нагрузки между преобразователями частоты.

Аналоговые сигналы могут быть заведены на аналоговые входы через клеммы 53 (В или мА) или 54 (В или мА). Аналоговые входы могут быть запрограммированы на прием сигнала задания, сигнала обратной связи или сигнала с термистора. На цифровые входы сигналы заводятся через клеммы 18,19,27,29,32 и 33. Количество цифровых входов - 6. Два цифровых входа/выхода (клеммы 27 и 29) могут быть запрограммированы как цифровые выходы для отслеживания статуса или выдачи сигнала предупреждения.

С помощью аналогового выхода (клемма 42) можно получить данные о процессе, например о токе двигателя. К клеммам 68 (P+) и 69 (N-) подключается интерфейс RS485. Таким образом, возможно управление преобразователем частоты и его мониторинг через последовательную связь.

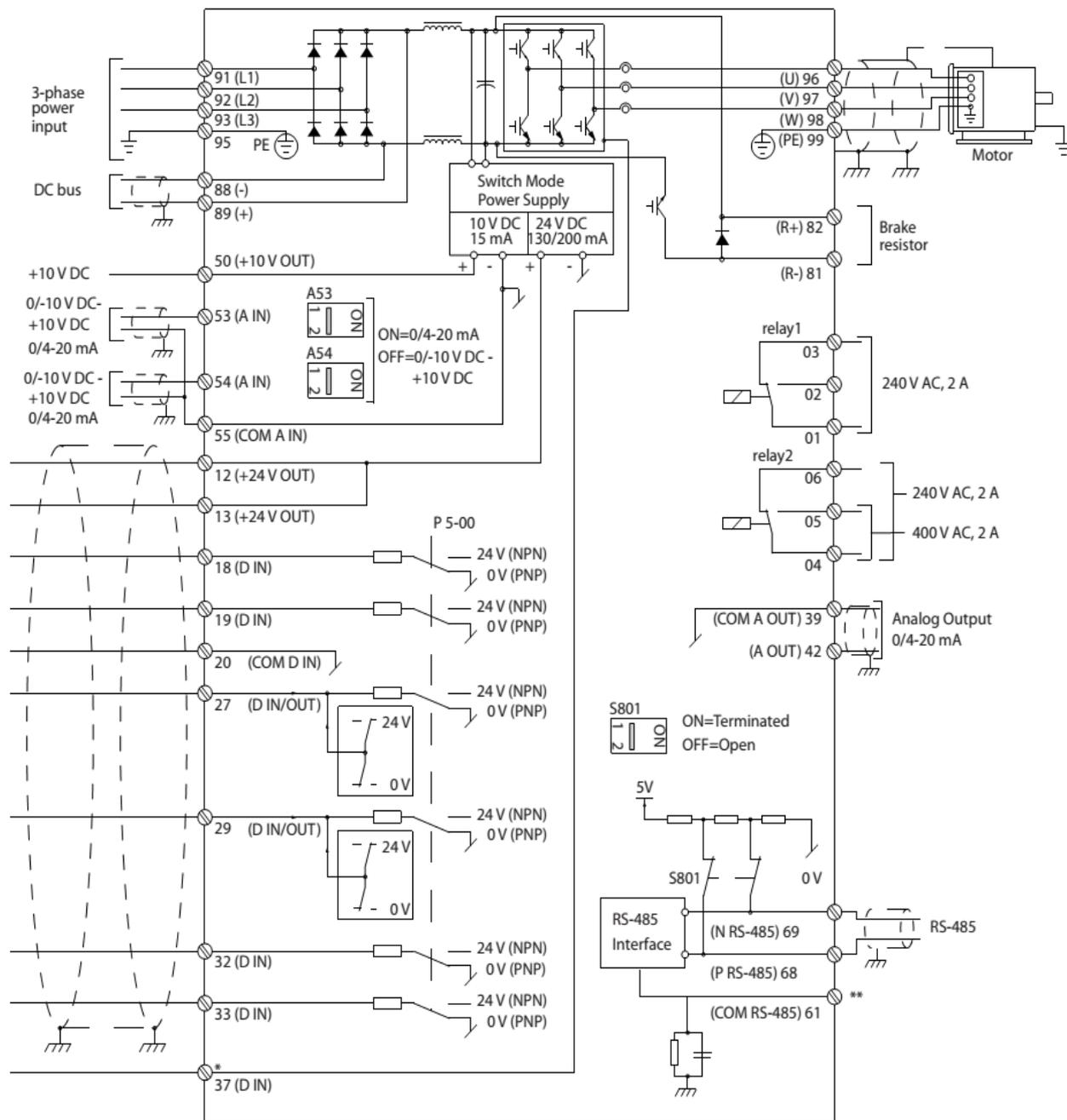


Рис.6.5. Электрическая схема подключения преобразователя частоты DanfossFC102

Краткие технические характеристики преобразователя:

- входное напряжение 3 x 380 - 480 В ± 10%;
- входной ток 2,7А;
- выходное напряжение - 0-100%;

- выходной ток 3А;
- вых. частота 0-1000Гц (VVC+ режим псевдовекторного управления, U/f - вентиляторная характеристика);
- перегрузка по моменту: 110% в течение 1 мин (130% в течение 0,5 с);

Порядок и методика выполнения исследований

1. Ознакомиться с устройством лабораторной установки, записать паспортные данные электрических машин. После ознакомления с устройством лабораторной установки снимаем зависимость M_c центробежного вентилятора от скорости вращения. Для этого включаем расположенный в шкафу управления автоматический выключатель для подачи питания на преобразователь частоты.

2. Затем нажав кнопку «HandOn» на пульте управления LCP 102 и клавишами вверх и вниз задаем задания скорости электродвигателю вентилятора и снимаем показания момента на валу двигателя с верхней строки пульта управления (в Н·м). Показания заносим в таблицу 6.2, и по получившимся точкам строим искомую зависимость

Таблица 6.2

Данные для механической характеристики вентилятора

$\omega, \text{с}^{-1}$					
$M, \text{Н}\cdot\text{м}$					

3. Следующим пунктом работы следует построение PQ -характеристик исследуемого центробежного вентилятора. Характеристика вентилятора при номинальной частоте вращения показана на рис.6.6.

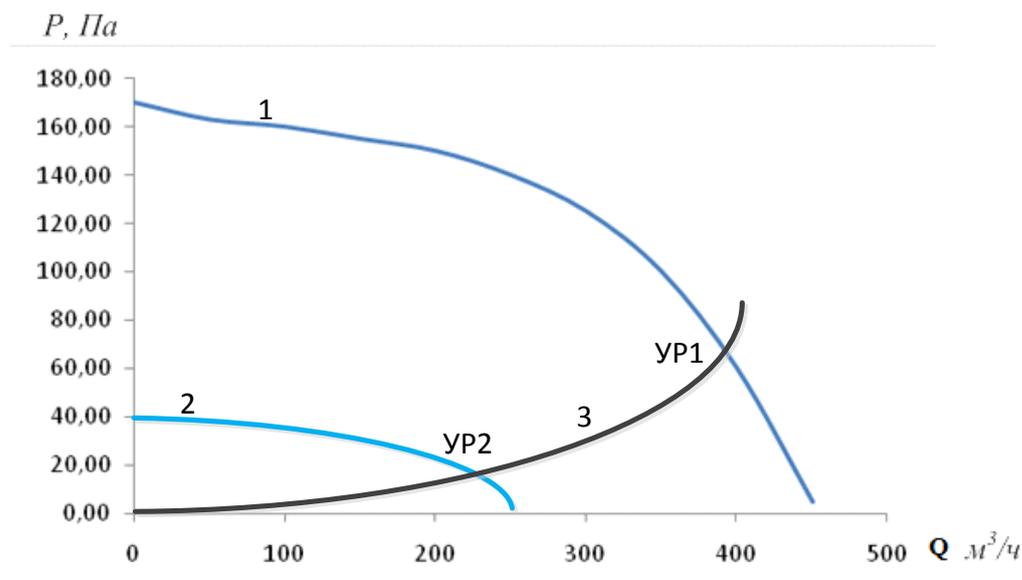


Рис. 6.6.

Характеристики вентилятора при диапазоне 1:2

- 1 – характеристика при номинальной частоте вращения,
- 2 – характеристика на нижнем пределе регулирования, 3 – характеристика трубопровода

PQ -характеристики для скорости, отличной от номинальной, получают с помощью уравнений пропорциональности:

$$\frac{Q}{Q_H} = \frac{\omega}{\omega_H} ; \quad (6.5)$$

$$\frac{P}{P_H} = \frac{\omega^2}{\omega_H^2} ; \quad (6.6)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{Q_1^2}{Q_2^2} = const . \quad (6.7)$$

По приведенным уравнениям требуется построить PG -характеристики центробежного вентилятора при диапазоне регулирования $D=1/2$.

4. Электрическая принципиальная схема системы управления центробежным вентилятором с помощью преобразователя частоты Danfoss FC102, замкнутой по давлению показана на рис. 6.5.

В качестве источника обратной связи по давлению используется преобразователь давления ф.КИМО модель CP101-PO.



Рис. 6.7. Внешний вид преобразователь давления CP101-PO

На датчик подается питание 24В, выходом же является токовый сигнал 4-20mA пропорциональный измеренной величине давления. Схема подключения датчика показана на рис.6.8.

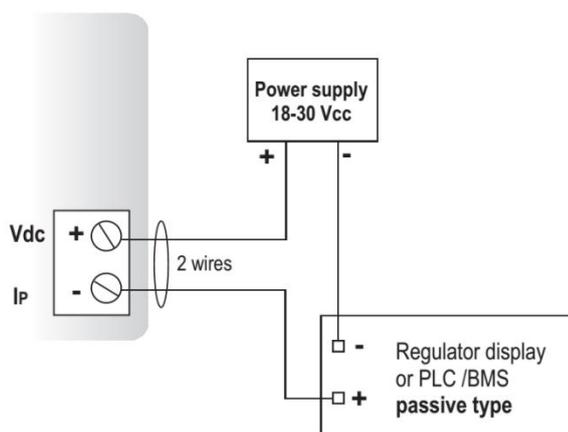


Рис. 6.8. Схема подключения преобразователя давления

В схеме управления датчик давления получает питание от преобразователя частоты через клемму 12 (+24В). Общие контакты дискретных и аналоговых сигналов в преобразователе частоты соединены, поэтому схема подключения датчика сводится к двухпроводной линии. Токовый выход датчика давления подключается на аналоговый вход 54 преобразователя частоты. Для работы аналогового входа преобразователя по току необходимо переключить микропереключатель А54 под пультом управления в положение ON.

Сигнал на величину поддерживаемого давления задается сигналом от 0 до 10В постоянного напряжения с помощью переменного сопротивления ($R_{Зад}$) 5кОм, питание берется с внутреннего источника питания +10В, общий провод для подключения переменного сопротивления клемма 55. Задание подается на аналоговый вход по напряжению, клемма 53 преобразователя частоты. Пример электрической схемы лабораторной установки показан на рис.6.8.

Сигнал на работу преобразователя приходит на клемму 18 через переключатель (K) с внутреннего источника питания (клемма 13).

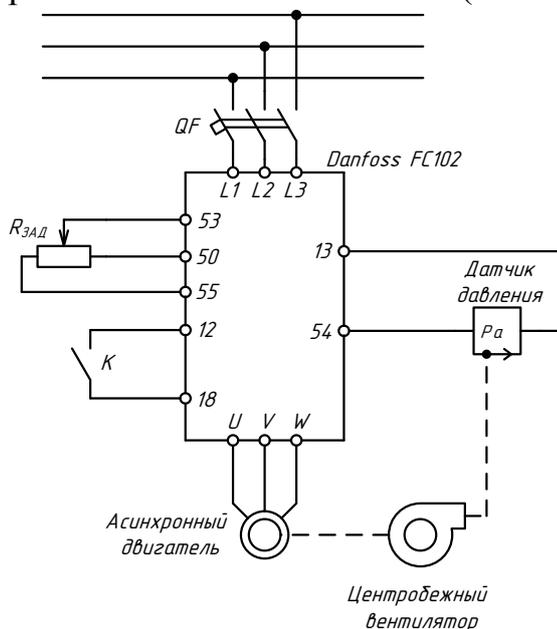


Рис. 6.9. Электрическая схема лабораторной установки

В режиме работы преобразователя частоты в качестве регулятора технологической величины, скорость вращения двигателя определяется заданием от встроенного ПИД-регулятора, который изменяет скорость двигателя как составляющую процесса регулирования с обратной связью (например, при постоянном давлении или расходе). Режим замкнутого контура включается в параметре 1-00. ПИД-регулятор также должен быть сконфигурирован в параметрах 20-хх (Замкнутый контур регулирования привода).

Оформление отчета

Сделать выводы по проделанной работе, составить отчет и ответить на контрольные вопросы. Результаты выполненной работы должны быть представлены в виде отчета, который должен содержать принципиальную

схему лабораторной установки, таблицы расчетных и опытных данных, графики снятых зависимостей, выводы по результатам лабораторной работы. Необходимо так же ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется электрическим приводом?
2. Конструкция и принцип действия центробежного вентилятора?
3. Способы регулирования производительности центробежных вентиляторов?
4. Как зависит давление, развиваемое вентилятором от его производительности?
5. Основные требования к электрическому приводу центробежного вентилятора?
6. Конструкция, принцип действия двухзвенного преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения?
7. Расскажите назначение клемм преобразователя частоты DanfossFC102 на электрической схеме (рисунок 5).
8. Опишите замкнутую по давлению систему электропривода, рассмотренную в лабораторной работе?

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С СЕРВОДВИГАТЕЛЕМ

Цель работы. Исследование динамических режимов работы позиционного сервопривода при различных значениях регулятора положения.

Основные теоретические сведения и соотношения

Позиционный электропривод (ПЭП) перемещает рабочий орган из некоторой позиции в некоторую конечную позицию с требуемой точностью остановки в ней. Режим отработки электроприводом заданного перемещения называется позиционированием. Основным показателем качества позиционного электропривода считается точность позиционирования. Позиционные приводы применяются в манипуляторах, отрезных станках, конвейерах, приводах подачи металлорежущих станков и т.д.

Для позиционного электропривода задаются только начальное и конечное положения РО и точность позиционирования. Тип траектории выбирается из дополнительных условий и ограничений. Таким условием может быть, например, минимум времени отработки заданного перемещения при ограничении максимальных значений скорости и ускорения. Построенная по данному принципу тахограмма имеет трапецеидальной вид, приведена на рис. 7.1.

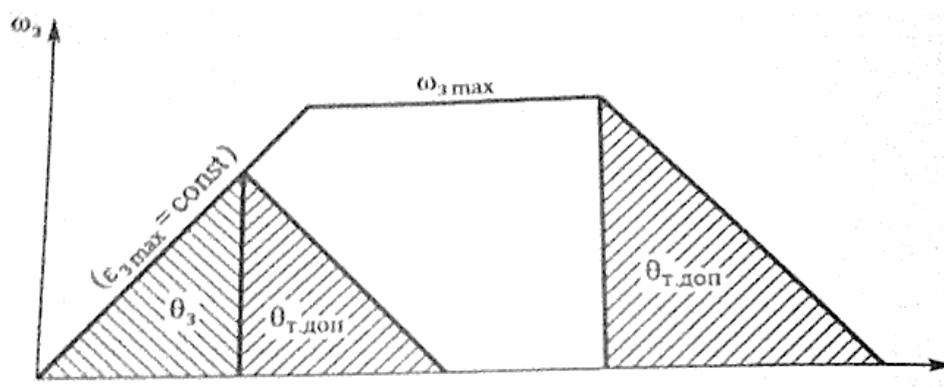


Рис. 7.1. Оптимальная по быстродействию тахограмма ПЭП

Прогресс в областях электроники и используемых в электротехнике материалов изменили ситуации в технике позиционного привода. До сих пор в сервотехнике применялись в основном двигатели постоянного тока с постоянными магнитами.

Главный недостаток двигателей переменного тока по сравнению с двигателями постоянного тока состоит в ограниченной возможности регулирования скорости. Последние достижения в области электроники, особенно в микроконтроллерах, позволяют компенсировать этот недостаток путем использования современных средств управления.

В настоящее время происходит смещение акцентов в приводных системах от двигателей постоянного тока к двигателям переменного тока. Тенденция перехода к синхронным двигателям переменного тока особенно очевидна в

сервосистемах, которые почти всегда выполнялись с использованием электроприводов постоянного тока.

Новые мощные постоянные магниты, изготовленные из сплавов неодим-железо-бора и самарий-кобальта благодаря их высокой энергоемкости, могут существенно улучшить характеристики двигателя при одновременном снижении массо-габаритных показателей электрических машин.

В современной приводной технике во многих случаях предъявляются высокие требования к:

- погрешности позиционирования;
- погрешности стабилизации скорости;
- широкому диапазону регулирования;
- стабилизации момента вращения;
- перегрузочной способности;
- высокой динамике.

Требования к динамике, т.е. поведению привода во времени, складываются из ускоряющихся процессов обработки, увеличению циклов обработки и связанной с ними производительности машины. Высокая точность очень часто определяет возможность использования систем электропривода в новых технологиях.

Сервопривод – это система привода, которая в широком диапазоне регулирования скорости обеспечивает динамичные, высокоточные процессы и обеспечивает хорошую их повторяемость.

Слово “серво” произошло от латинского слова “servus”, что переводится как слуга, раб, помощник. В машиностроительных отраслях они были преимущественно вспомогательными приводами (приводы подач в станках, приводы роботов и т.п.). Однако сегодня ситуация изменилась, теперь и главные приводы реализуются с использованием сервотехники. Современные сервоприводы бывают синхронными и асинхронными, щеточными и бесщеточными, работающими на постоянном и на переменном токе.

Синхронные двигатели представляют собой двигатели с вращающимся магнитным полем, в которых поля статора и ротора вращаются синхронно. В результате пространственного сдвига обмоток статора и фазовой последовательности входного тока создается вращающееся поле.

Как и в асинхронном двигателе, статор состоит из корпуса, шихтованного пакета и статорной обмотки. Ротор состоит из вала, листов стали и наклеенных постоянных магнитов. Чтобы снизить момент инерции и обеспечить высокую динамику, листы ротора выполняются не сплошными, а имеющими отверстия – это позволяет снизить его массу. Этим достигается малое время разгона двигателя. Для изготовления магнитов используются редкоземельные элементы неодим-железо-бор. Магниты из этого материала имеют лучшие магнитные свойства по сравнению с ранее применяемыми ферритовыми и могут создавать больший вращающий момент.

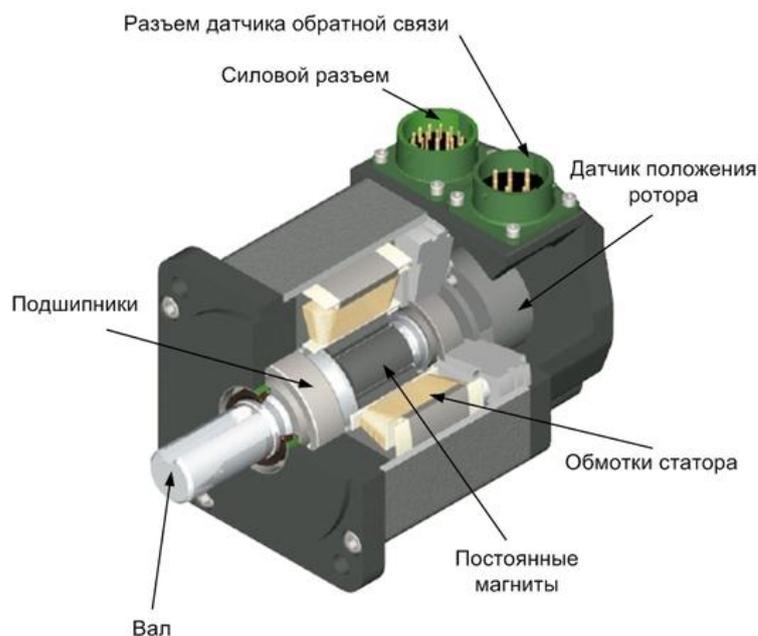


Рис. 7.2. Конструкция и составные элементы серводвигателя.

При питании двигателя от преобразователя, обмотками статора создается вращающееся магнитное поле статора. Оно воздействует на ротор, образуя приложенное к нему усилие. Благодаря магнитной связи между статором и ротором ротор ускоряется и в дальнейшем вращается с той же угловой скоростью, что и поле статора, т.е. синхронно.

При увеличении нагрузки на валу поле ротора начинает отставать от поля статора на некоторый, так называемый, полюсный угол α . Сначала вращающий момент растет с ростом угла. Когда угол достигает 90° , т.е. полюс ротора расположен точно между двумя полюсами статора, усилие, действующее на ротор, достигает максимума. Это тот случай, когда поле статора опережает поле ротора и тянет за собой ротор. Если полюсный угол продолжает увеличиваться, т.е. двигатель перегружен, то вращающий момент уменьшается, двигатель попадает в зону неустойчивой работы и останавливается. Это значит, что вращающий момент является функцией напряжения, тока и полюсного угла.

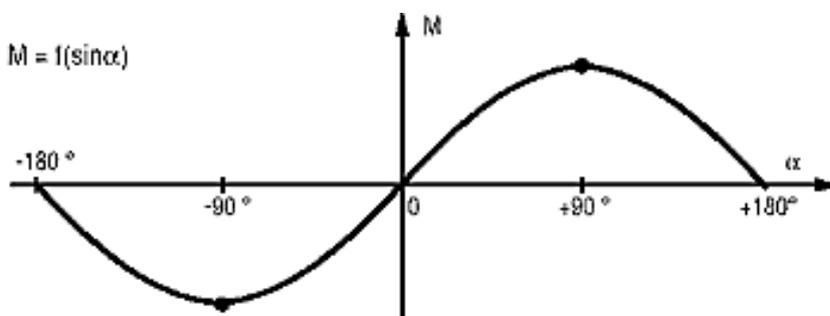


Рис. 7.3. Зависимость вращающего момента от полюсного угла

Чтобы двигатель использовался с максимально возможным моментом, надо обеспечить, чтобы полюсный угол был равен $\alpha = 90^\circ$. В двигательном

режиме поле статора при этом опережает ротор, а в генераторном - отстает от него на 90^0 . Задача управления двигателем состоит в том, чтобы рассчитать задающие значения трех фазных токов, исходя из требуемого момента, и задать пространственное размещение векторов тока.

Для этого определяется с помощью датчика реальное положение ротора, которая задает команды к коммутированию. К полученному значению угла ротора в зависимости от направления вращения и знака момента прибавляются или вычитаются 90^0 и рассчитывается требуемый ток. Для каждого углового положения ротора определяется соответствующее положение поля статора, т.е. ротор определяет значение и направление поля статора. Таким образом ротор «поворачивает» поле статора. Схема подобного включения представлена на рисунке 7.4. Диаграмма работы коммутатора представлена на рис. 7.5.

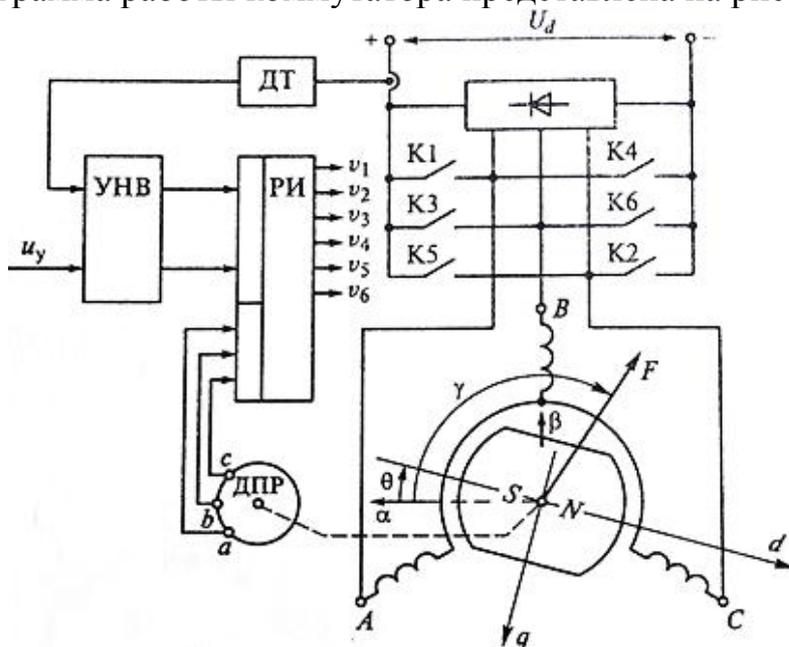


Рис. 7.4. Схема включения серводвигателя

Конструкция лабораторной установки (рис. 7.7) состоит из механизма поступательного движения: ременной передачи, ведущей шестерни, ведомого шкива, указателя перемещения; сервосистемы: сервопривода, управляемого преобразователем частоты (сервоусилителем); индуктивных датчиков положения; автоматических выключателей и двух тумблеров – выключателей сервосистемы.

Принцип действия выглядит следующим образом: задаем перемещением в параметре преобразователя, происходит вращение шестерни, концевой указатель перемещается на заданное положение.

Сервопреобразователь служит для регулирования скорости и момента серводвигателя. Сегодня это, как правило, преобразователь, имеющий дискретное управление и обладающий следующими преимуществами перед аналоговым:

- длительный срок службы;
- отсутствие дрейфа;

- простые коммуникации с внешними устройствами;
- легкое выполнение математических операций.

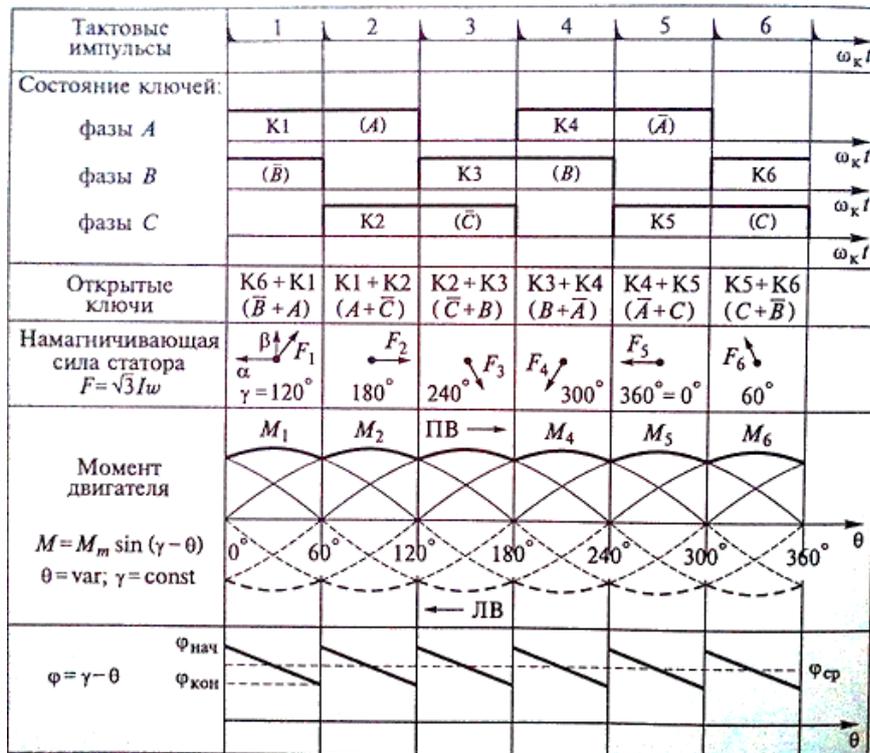


Рис. 7.5. Диаграмма работы коммутатора серводвигателя

Во многих применениях электрический сервопривод используется для регулирования положения. При этом регуляторы скорости и тока подчинены регулятору положения, чтобы получить хорошие динамические характеристики.

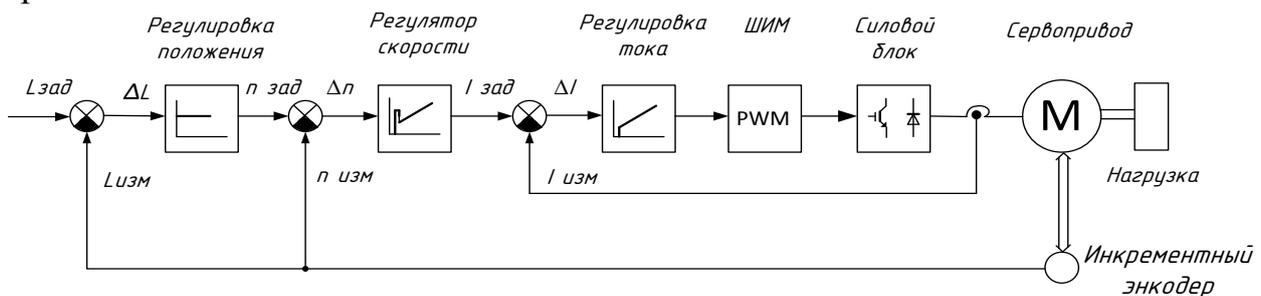


Рис. 7.6. Структура регулирования в сервосистеме

Сигналом управления для сервопривода является задаваемое извне требуемое значение положения (рис.7.6). Разница между заданным и истинными значениями положения является входной величиной регулятора положения, который формирует на выходе сигнал задания скорости двигателя $n_{\text{зад}}$.

Заданное и истинное значения скорости сравниваются на входе регулятора скорости. Их разность обрабатывается в пропорционально-интегральном регуляторе скорости.

Выходной сигнал регулятора скорости образует сигнал задания тока и, чтобы защитить двигатель и инвертор, подводится к схеме ограничения,

выходной сигнал которой снова представляет собой сигнал задания для регулятора тока. Истинное значение тока с помощью выпрямителя превращается в сигнал постоянного тока. Регулятор тока сравнивает заданное и фактическое значения тока и через широтно-импульсный модулятор образует управляющие сигналы, которые поступают на входы силовых транзисторов инвертора.

Регулятор положения выполнен как пропорциональный регулятор. Наличие интегрирующей части приводило бы к недопустимому перерегулированию при подходе к точке позиционирования. Интегральная часть подчиненного регулятора скорости служит для того, чтобы уменьшить статическую ошибку регулирования (например, при нагрузке).

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой макет электропривода позиционного механизма с возвратно-поступательным движением. Макет может имитировать электроприводы таких производственных механизмов как отрезное устройство в составе поточных линий, различные устройства подачи, и т.п.

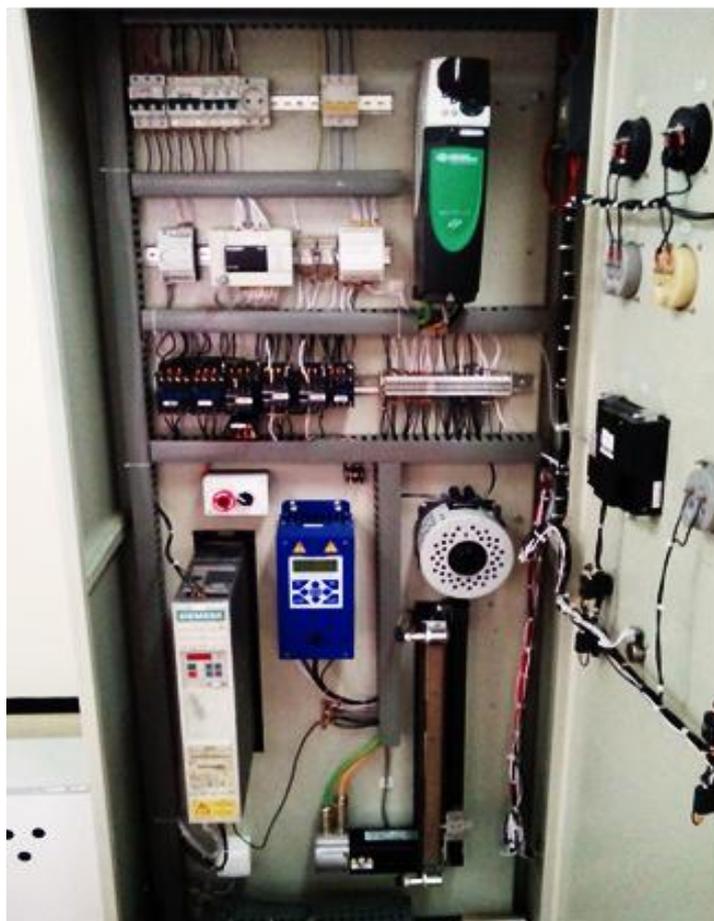


Рис. 7.7. Общий вид установки

В составе лабораторной установки имеются следующие основные блоки: трехфазный питающий трансформатор 380-220В; автоматический выключатель; модуль управления серводвигателем – преобразователь ф.ControlTechniques; переключатели дискретных входов преобразователя;

макет электропривода рабочего органа РО с механизмом, серводвигателем и бесконтактными путевыми выключателями. Электрическая схема лабораторного стенда показана на рисунке 7.8.

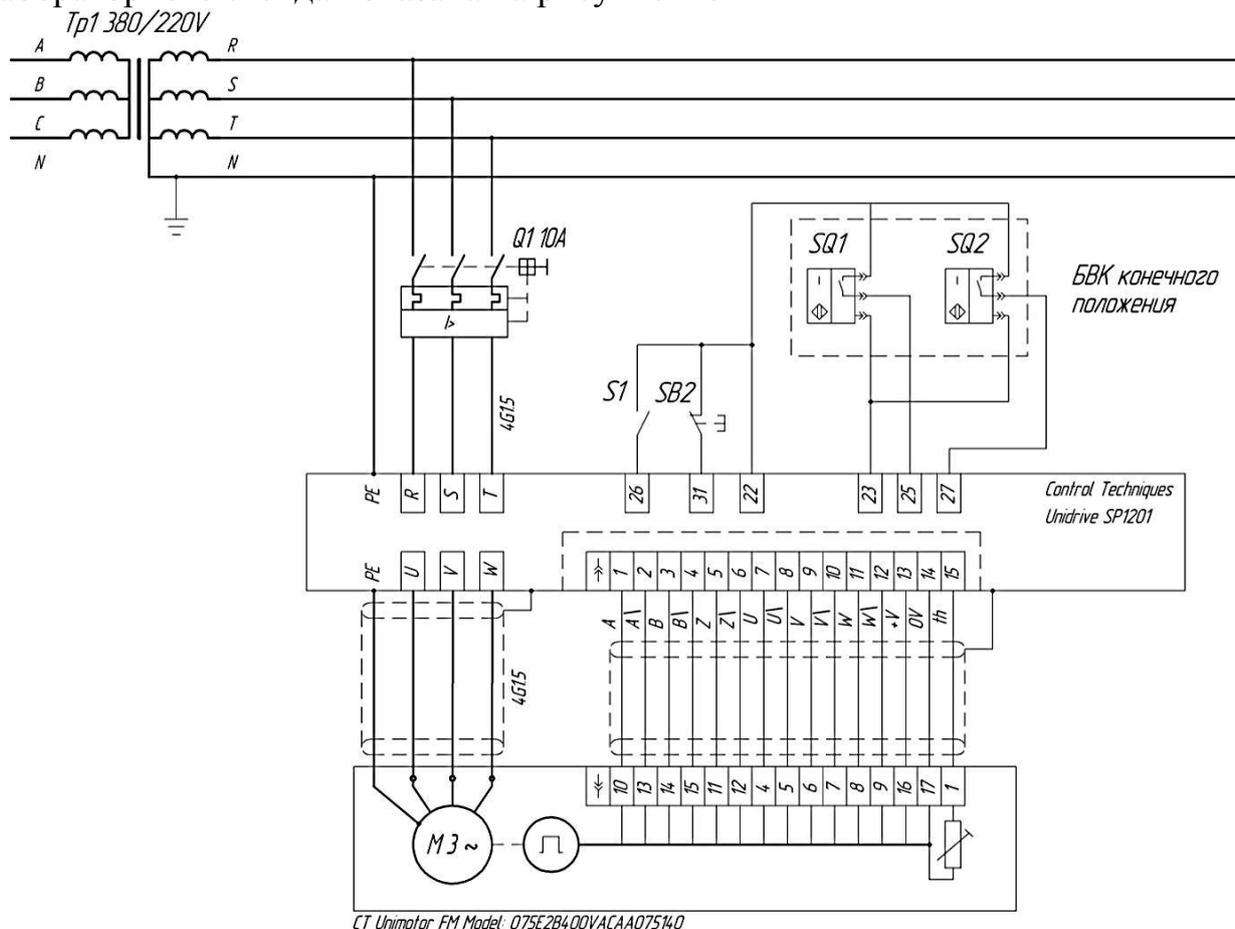


Рис. 7.8. Электрическая схема лабораторной установки

Параметры силового трансформатора:

- тип ТСЗИ-2,5;
- мощность 2,5кВА;
- частота 50Гц;
- $U_1 = 380 / 220\text{В}$.

Номинальные данные преобразователя:

- модель SP1201;
- мощность при тяжелом режиме работы 0,75кВт;
- максимально допустимый выходной ток 4,3А;
- напряжение питания трехфазное ~ 220В.

Номинальные данные двигателя:

- UnimotorFM,
- модель 075E2B400VACAA075140;
- номинальная мощность 0,71кВт;
- номинальный момент 1,7 Н·м;
- ток в режиме остановки 3,1 А;
- напряжение питания 220 В;
- скорость вращения 4000 об/мин.

Тип датчика обратной связи:

импульсный инкрементный энкодер с сигналами коммутации;
разрешение датчика – 4096 импульсов на оборот;
напряжение питания 5В.

Автоматический выключатель обеспечивает подключение сети напряжением ~ 220В к внутренним цепям лабораторного стенда, а также защиту внешней электрической цепи от коротких замыканий и перегрузки по току.

Преобразователь частоты получает питание ~ 220В от понижающего трансформатора Тр1 через автоматический выключатель Q1.

Клемма 22 на преобразователе – выход +24В внутреннего источника питания; клемма 23 – общий провод источника. Переключатель S1 предназначен для подачи сигнала «Вперед» на преобразователь через клемму 26. Выход с аварийной кнопки SB2 заведен на вход 31, имеющий положительную логику и включающий функцию защитного отключения преобразователя.

Бесконтактные выключатели с индуктивным чувствительным элементом SQ1 и SQ2 предназначены для ограничения рабочего хода механизма при недопустимом задании на позицию во избежание его поломки. Выключатели получают питание от источника питания преобразователя и заведены на свободно программируемые входа 25 и 27, которым присвоены функции ограничения правого и левого вращений двигателя.

Порядок и методика выполнения исследований

1. Ознакомиться с устройством лабораторной установки, назначением ее элементов; записать паспортные данные электрических машин.

2. Ознакомиться с панелью управления и структурой меню преобразователя UnidriveSP, выполнить «быструю подготовку к запуску» и автонастройку данных двигателя.

Перед включением преобразователя частоты **убедитесь:**

- 1) сигнал включения электропривода не подан (клемма 31);
- 2) сигнал работы не подан (клемма 26).

Затем для подачи силового питания на силовые клеммы преобразователя, необходимо подключить к сети 380В силовой трансформатор с помощью вилки типа ВШ в розетку РШ, расположенную на стене аудитории, и включить автоматический выключатель, расположенный внутри ШУ стенда. При этом произойдет включение преобразователя и на дисплее панели управления SM высветится индикация готовности «inh» на нижней строке.

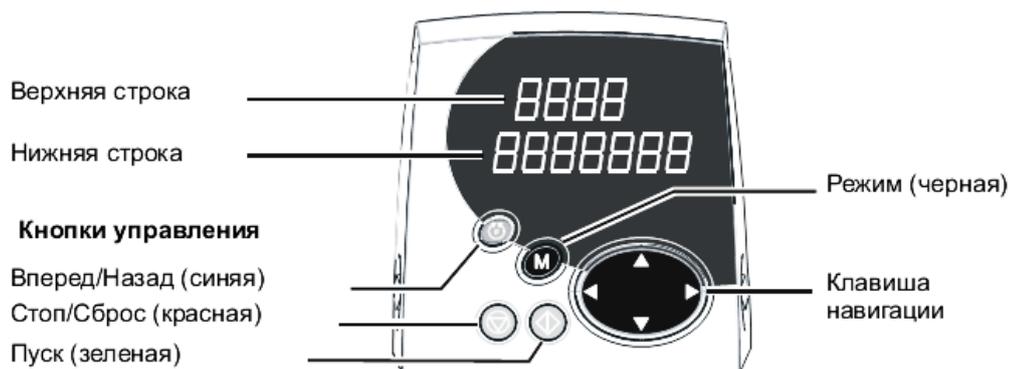


Рис.7.9. Общий вид и назначение элементов панели управления.

Панель содержит кнопки:

1. Навигационная клавиша- используется для навигации по структуре параметров и для изменения значений параметров.
2. Кнопка режима- используется для изменения режима дисплея- просмотр параметра, редактирование параметра, состояние.
3. Три управляющие кнопки- используются для управления приводом, если выбран режим панели

Дисплей состоит из двух горизонтальных строк с 7-сегментными светодиодами. Верхняя строка показывает состояние привода или текущее меню и номер просматриваемого параметра. Нижняя строка показывает значение параметра или конкретный тип отключения.

Перед началом работы с приводом необходимо убедиться в соответствии режима работы преобразователя с имеющейся подключенной системой в Pr.0.48. Значения параметра указаны на рисунке 10. При несоответствии режима требуется его изменение.

При изменении режима работы все параметры возвращаются в значения по умолчанию, включая параметры двигателя. Pr.0.49 (Состояние защиты) и Pr.0.34 (Код защиты пользователя) не меняются при этой процедуре.

Настройка 0.48		Режим работы
	1	Разомкнутое управление
	2	Замкнутое векторное управление
	3	Замкнутое управление Серво
	4	Рекуперация (этот режим описан в <i>Руководстве пользователя по рекуперации Unidrive SP</i>)

Рис.7.10. Значения параметра 0.48.

Выполните следующую процедуру, только если необходимо изменить рабочий режим.

1. Проверьте, что привод не включен, то есть клемма 31 разомкнута или Pr.6.15 отключен в Off (0).

2. Введите в Pr.0.00 значение 1253 (Европа, частота силовой сети 50 Гц)

3. Измените настройку Pr.0.48.

4. Выполните любое из следующих действий:

а) Нажмите красную кнопку сброса

б) Переключите цифровой вход сброса

в) Выполните сброс привода через порт последовательной связи, установив Pr.10.38 в 100 (проверьте, что Pr.xx.00 вернулся в 0).

Действия для быстрой подготовки к запуску:

Перед включением проверьте:

– сигнал включения привода не подан (клемма31);

– сигнал работы не подан (клемма 26);

– двигатель подключен;

– датчик обратной связи подключен.

Включите питание привода. Проверьте:

– привод показывает «inh».

Если привод отключается, то смотрите Главу 13 Инструкции (Раздел «Диагностика» на стр.275.). Инструкция находится у преподавателя или лаборанта.

1. Настройте параметры обратной связи двигателя.

Основная настройка инкрементного энкодера. Введите:

а) тип энкодера привода в Pr.3.38 = Ab.SErVO (3), т.е.импульсный энкодер с коммутаторными выходами;

б) напряжение питания энкодера в Pr.3.36 = 5V (0).

Настройка слишком высокого напряжения питания энкодера может привести к повреждению датчика обратной связи!

в) число импульсов энкодера привода на оборот в Pr.3.34 (по данным энкодера, установленного на двигатель число импульсов равно 4096).

2. Введите параметры с шильдика двигателя.

а) Номинальный ток двигателя в Pr.0.46 (3,1А).

Проверьте, что он не превышает номинала тяжелой работы привода, иначе во время автонастройки может произойти отключение «It.AC»

б) Число полюсов двигателя в Pr.0.42 (6 POLE).

3. Настройте максимальную скорость двигателя в Pr.0.02 (5400 об/мин).

4. Настройте величины ускорения/замедления. Введите:

а) величину ускорения в Pr.0.03 (1с/1000 Гц);

б) величину замедления в Pr.0.04 (1с/1000 Гц).

5. **Автонастройка.** Unidrive SP может выполнять автонастройку:

— короткую малой скорости,

— нормальную малой скорости,

— с минимальным перемещением.

Перед включением автонастройки двигатель должен быть неподвижен. При выполнении автонастройки к двигателю **нельзя подключать нагрузку**.

Автонастройка с нормальной малой скоростью измеряет сдвиг фазового угла энкодера и вычисляет коэффициент усиления тока. Тесты короткой и нормальной малой скорости поворачивают двигатель до 2 оборотов в выбранном направлении, и привод измеряет угол фазы энкодера и обновляет значение в Pr.3.25. Тест норм.малой скорости – около 20 сек.

В тесте нормальной низкой скорости также измеряются сопротивление статора, индуктивность двигателя. По ним рассчитываются усиления контура тока и в конце теста обновляются величины в Pr.0.38 и Pr.0.39. Тест короткой малой скорости занимает примерно 2 сек.

Тест с миним. перемещением смещает двигатель на угол, заданный в Pr.5.38.

КАК ВЫПОЛНИТЬ АВТОНАСТРОЙКУ:

а) задайте Pr.0.40 = 1 для автонастройки с короткой малой скоростью, Pr.0.40 = 2 для автонастройки с нормальной малой скоростью или Pr.0.40= 5 для автонастройки с минимальным перемещением;

б) подайте сигнал работы (клемма 26 или 27);

в) подайте сигнал включения привода (клемма 31). При выполнении автонастройки на нижней строке дисплея будет по очереди мигать «Auto» и «tunE»;

г) подождите, пока привод не покажет «Stop», а двигатель не остановится. Если привод отключится, то его нельзя будет сбросить до отключения сигнала разрешения привода (клемма 31);

д) отключите от привода сигнал работы;

е) сохраните параметры. Для этого введите 1000 в Pr.xx.00 и нажмите красную кнопку сброса или переключите цифровой вход сброса (проверьте, что Pr.xx.00 вернулся в 0).

Теперь привод готов к работе.

3. Выполнить подключение преобразователя к персональному компьютеру с помощью программы CTSoft.

Далее подключаем преобразователь частоты к персональному компьютеру. Привод Unidrive SP имеет порт последовательной передачи (последовательный порт), который стандартно поддерживает двухпроводную передачу данных RS485 (разъем RJ45 слева на лицевой панели). Для подключения используется соединительный кабель – преобразователь интерфейса USB в RS-485 (CTUSBCable). Пример подключения показан на рис. 7.10. При подключении кабеля к компьютеру необходимо также установить идущий с ним в комплекте на CD диске драйвер CTUSBCommsCableDriver. При этом в Диспетчере устройств компьютера в разделе Порты (COM и LPT) появится Последовательный порт USB (COM 1).

4. Ознакомиться с возможностями программы CTSoft и изучить вкладки с функциональными схемами.

Затем запускаем ранее установленную программу CTSoft через меню Пуск – Всепрограммы – ControlTechniques – CTSoft – ярлыкCTSoft.

Программное обеспечение CTSoft представляет собой основной инструмент для настройки электроприводов ControlTechniques в процессе их ввода в эксплуатацию, а также для оптимизации и контроля их параметров. Программа позволяет:

- легко настраивать электроприводы при помощи мастера конфигурации;
- считывать, сохранять и загружать настройки конфигурации электроприводов;
- визуализировать и изменять конфигурацию при помощи динамических анимированных диаграмм.

При запуске программы появится стартовое окно, где в выплывающем списке необходимо будет выбрать тип привода, с которым мы работаем.



Рис.7.11. Пример подключения UnidriveSP к ПК с помощью соединительного кабеля – преобразователя интерфейса USB в RS-485

Затем в открывшемся окне Driveproperties (Настройки привода) в разделе Communications (Подключения) необходимо выбрать тип подключения CTRTU, номер последовательного порта USB и скорость связи 19,2kb/s. Затем здесь же нажимаем кнопку DetectDriveConfiguration (Определение конфигурации привода).

Привод распознается программой и происходит считывание его параметров и открывается начальное окно программы с параметрами группы 00.xx., показанное на рис.7.12.

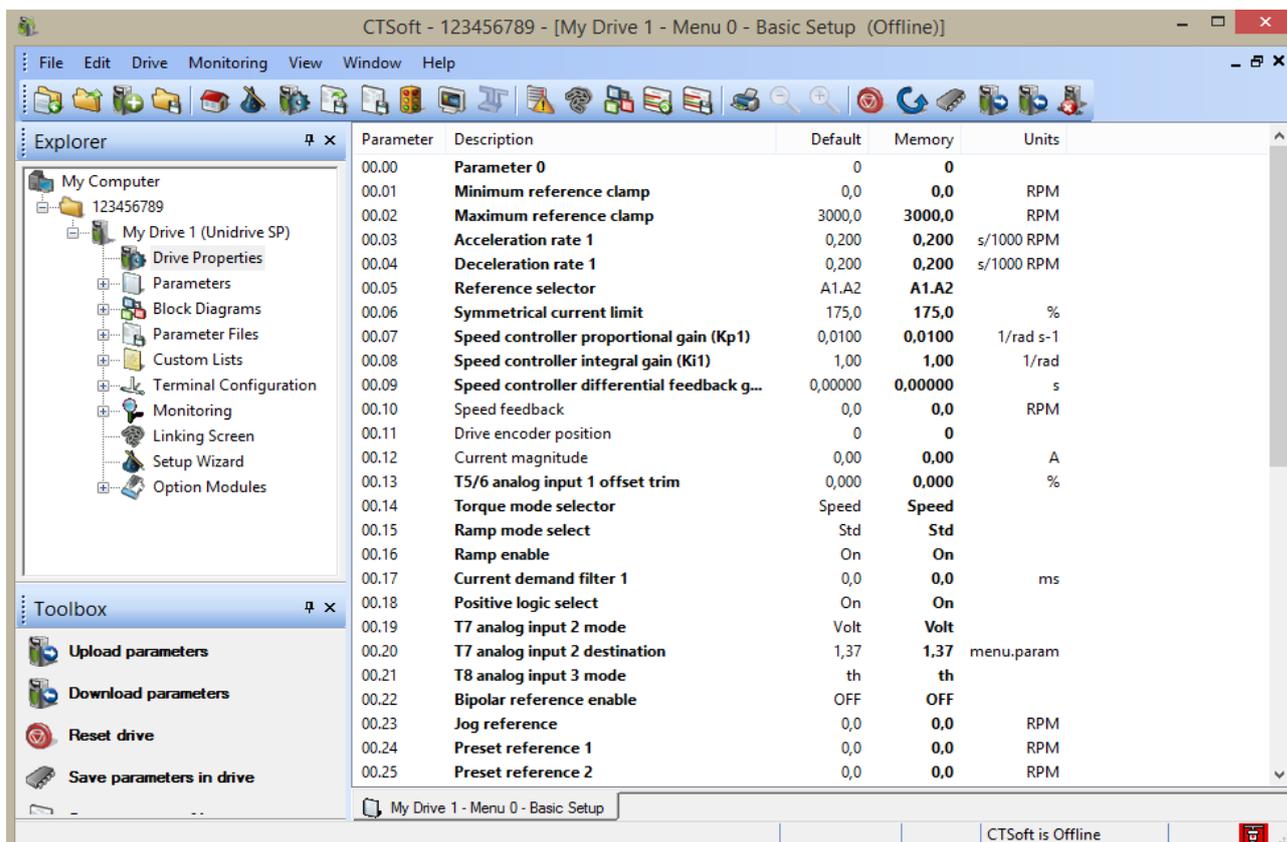


Рис.7.12. Окно с параметрами группы 00.xx.

Далее необходимо скачать текущую программу из преобразователя воспользовавшись электронными кнопками в правом верхнем углу окна программы.



- кнопка записи текущих параметров в ПЗУ преобразователя;
- кнопка выгрузки параметров из ПЗУ преобразователя;
- кнопка загрузки текущих параметров в ОЗУ преобразователя.

Нажимаем кнопку выгрузки параметров из ПЗУ преобразователя и красную кнопку в правом нижнем углу окна программы, она загорается зеленым цветом, и рядом появляется надпись «CTSoftisOnline». Программа готова к проведению лабораторной работы.

Основные возможности программы CTSOft отражены в левом разделе окна, называемое «Explorer» (рис.7.13).

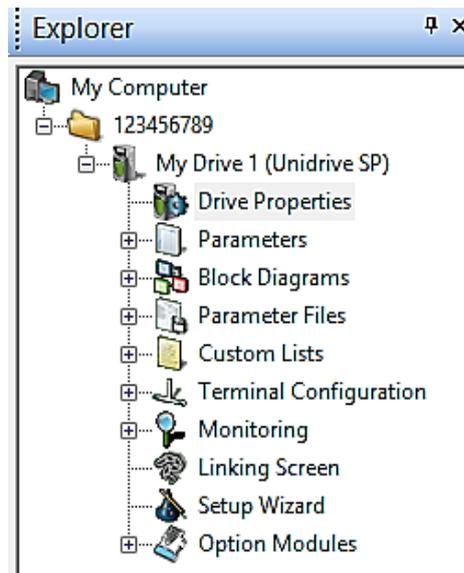


Рис.7.13. Внешний вид окна «Explorer»

В нем находятся следующие основные вкладки:

1. Parameters (Параметры) – где все параметры разбиты на 22 подменю по группам.
2. BlockDiagrams (Блочные диаграммы) – одно из наибольших достоинств программы. Здесь в виде блоков показана вся структура управления преобразователем начиная с диаграммы общего вида (OverViewDiagram) и 14 меню с более полной последовательно раскрытой структурой управления.
3. TerminalConfiguration – конфигурация управляющих клемм. Здесь отдельно рассматриваются аналоговые и дискретные входы и выходы преобразователя.
4. Monitoring – вкладка для просмотра различных координат электропривода, отображения памяти сбоев и предупреждений, имевшихся в работе привода и отображения статуса преобразователя.

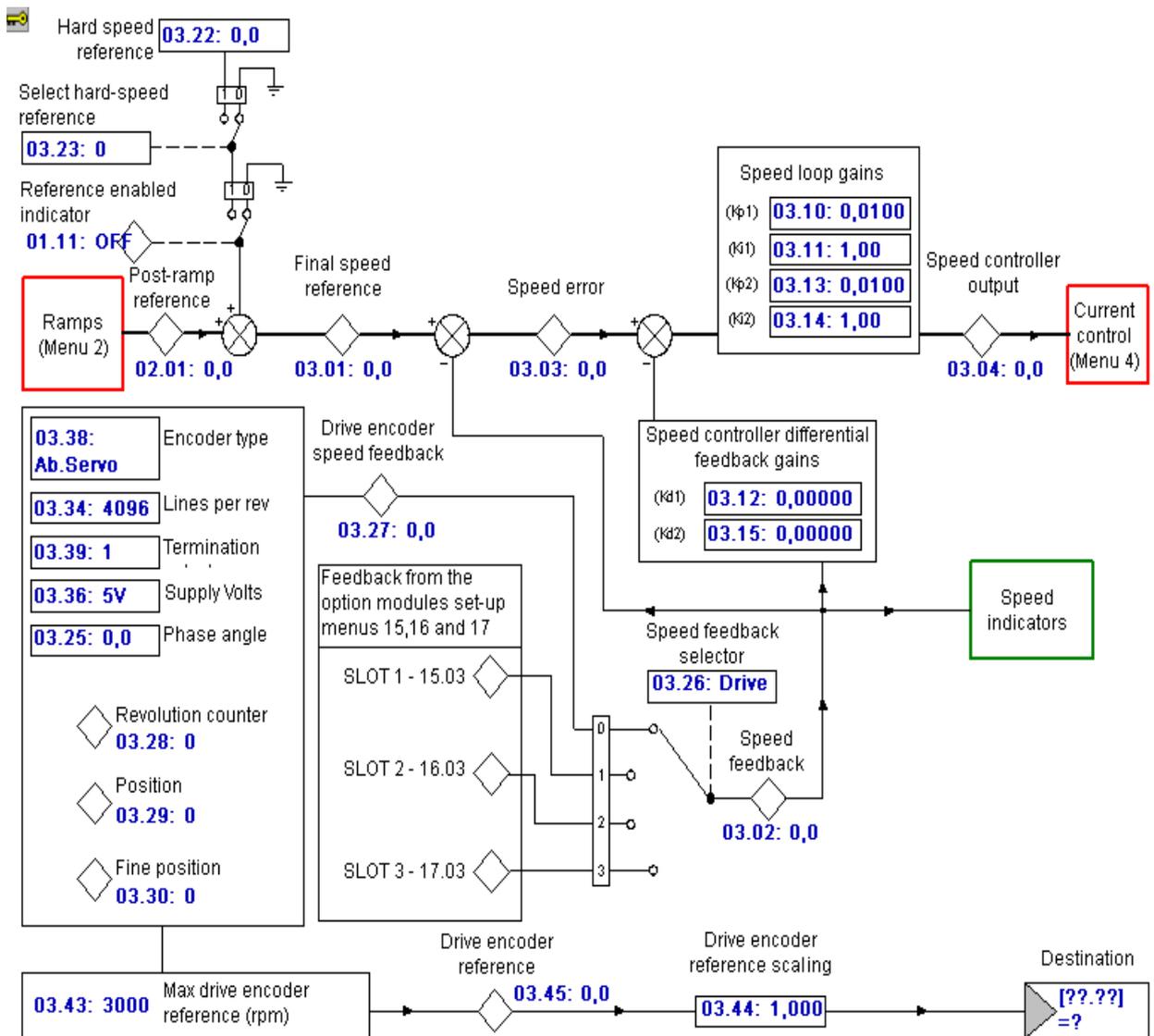


Рис.7.14. Пример диаграммы «SpeedLoop» (Контур скорости)

5. Включить контур регулирования позиции на преобразователе и снять графики переходных процессов при различных значениях скорости и пропорционального коэффициента.

После ознакомления с вкладками программы необходимо включить контур регулирования позиции. Для этого открываем во вкладке «Parameters» меню №13 «PositionControl» и в нем в параметре 13.10 выбираем режим контроллера позиции №1. Здесь же активируем режим абсолютного позиционирования в параметре 13.11 (т.е. переводим его из «OFF» в «ON»).

Далее переходим находим в меню блочных диаграмм меню №13 «Positioncontroller» и открываем данную диаграмму. Появляется окно, показанное на рис.7.15.

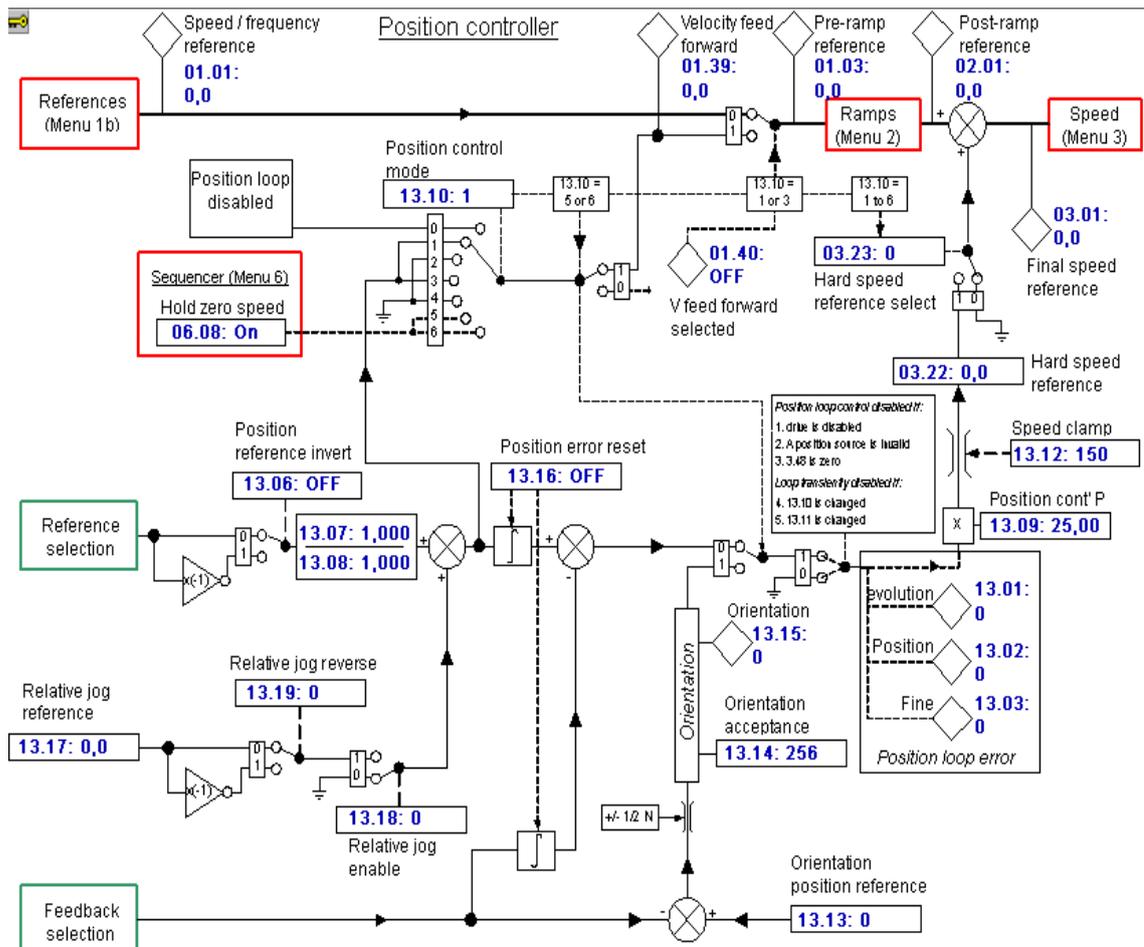


Рис. 7.15. Пример диаграммы «Positioncontroller» (Контроллер позиции)

Данная диаграмма показывает структуру контура управления преобразователя по позиции. Величина пропорциональной части регулятора позиции настраивается в параметре 13.09. На выходе из регулятора позиции имеется ограничитель 13.12, который задает максимальную величину скорости при регулировании позиции. Также в отдельном прямоугольнике «Positionlooperror» показана ошибка, накопленная после сумматора, где складываются задание на позицию и величина отрицательной обратной связи по пройденному пути.

Источник задания на позицию выбирается нажатием на прямоугольник в зеленой рамке с обозначением «Referenceselection». Далее мы попадаем в окно, показанное на рис.7.16.

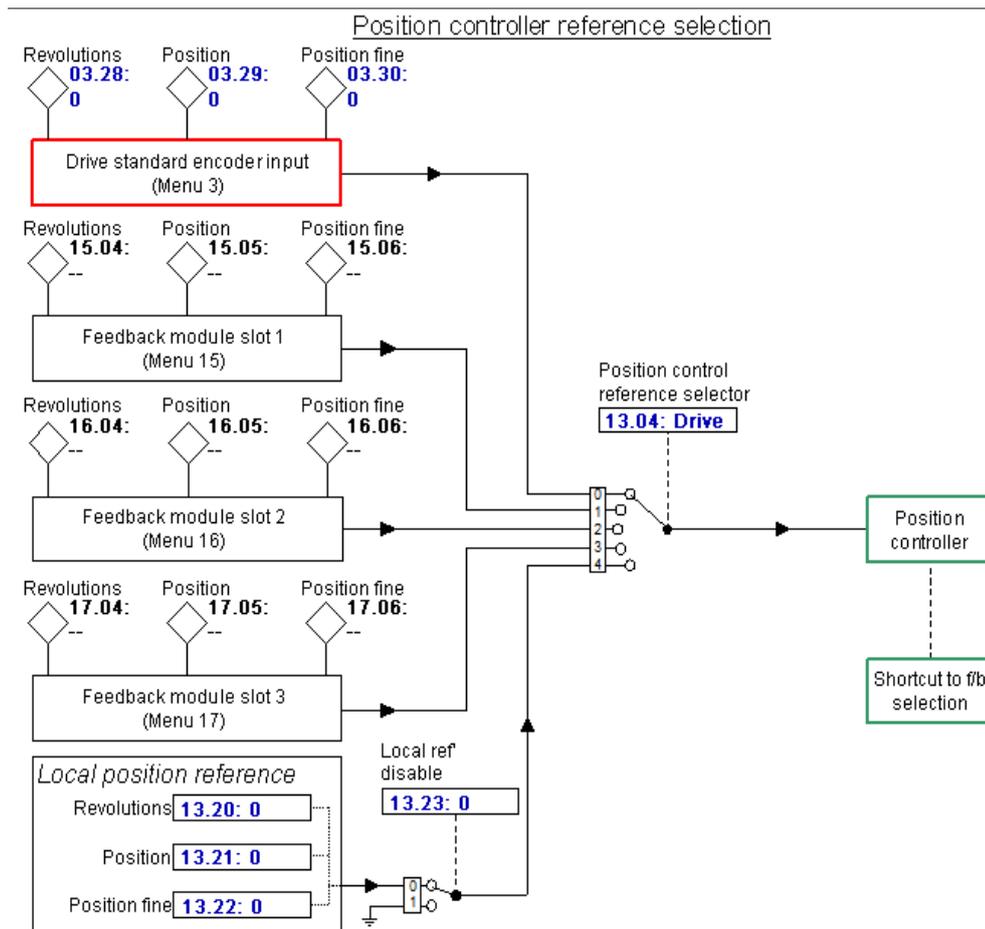


Рис.7.16. Окно выбора источника задания на позицию

В том окне необходимо в параметре 13.04 выбрать вариант №4 (Local), тем самым указав, что задание будет задаваться параметрами 13.20-13.22 непосредственно из программы CTSofT или встроенного пульта управления. В параметре 13.20 выбирается требуемое количество оборотов двигателя, в 13.21 точная позиция ротора в пределах одного оборота (один полный оборот принимается как 65535). Параметр 13.22 имеет дополнительно более высокую точность позиционирования, в работе не применяется. Также в параметре 13.23 разблокируем местное задание выбрав величину 0. Нажатием на прямоугольник «Positioncontroller» возвращаемся к контуру позиции.

Источник отрицательной обратной связи по позиции выбирается в отдельной вкладке при нажатии на прямоугольник «Feedbackselection», необходимо выбрать в параметре 13.05 величину 0, выбирая тем самым встроенный энкодер используемого серводвигателя.

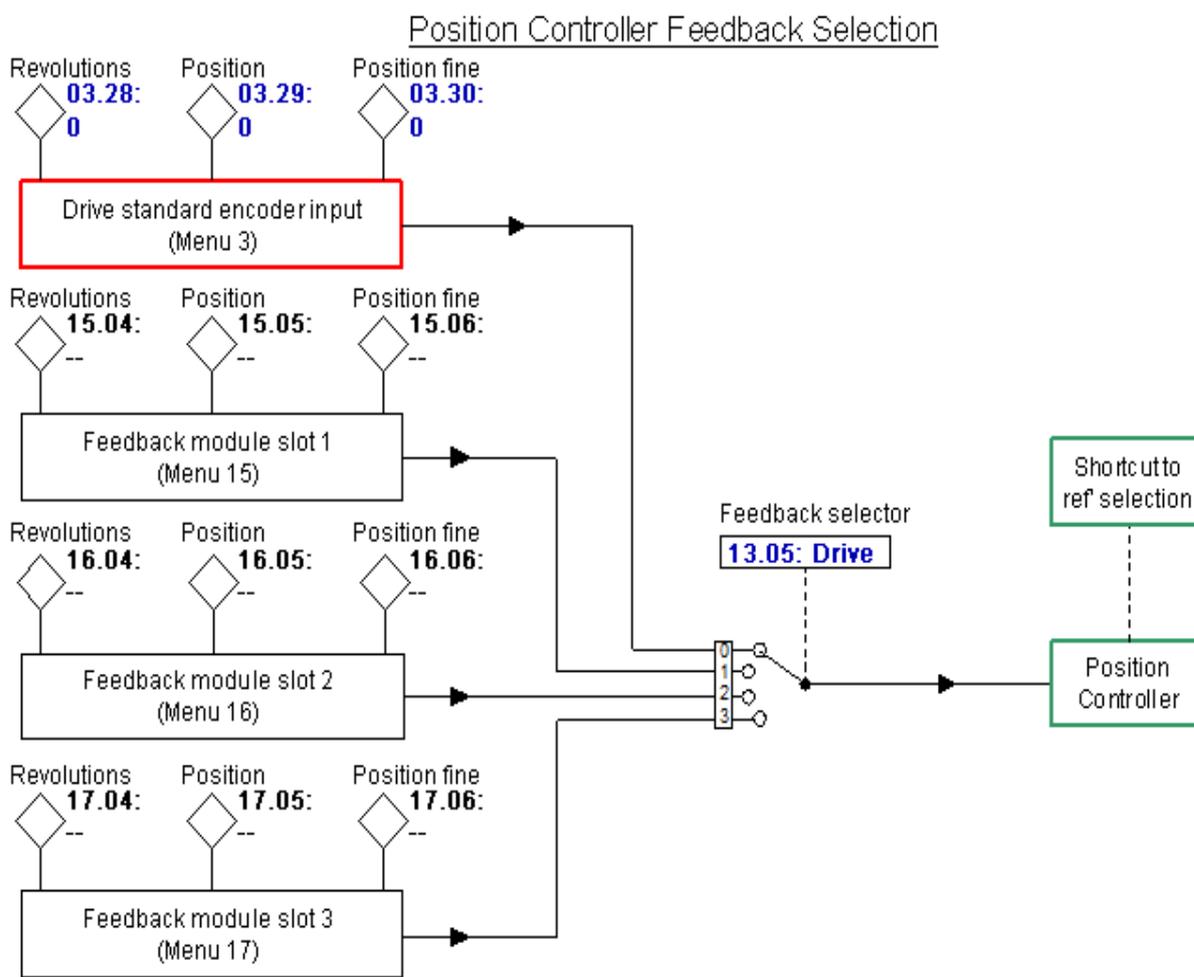


Рис.7.17. Окно выбора источника обратной связи по положению

Затем в соответствии с программой работы необходимо задаваясь различными величинами пропорционального регулятора позиции снять графики переходных процессов по скорости и по положению воспользовавшись программой CTScore.

Не закрывая программу CTSoft запускаем программу-осциллограф через меню Пуск – Все программы – ControlTechniques – CTScore – ярлык CTScore.

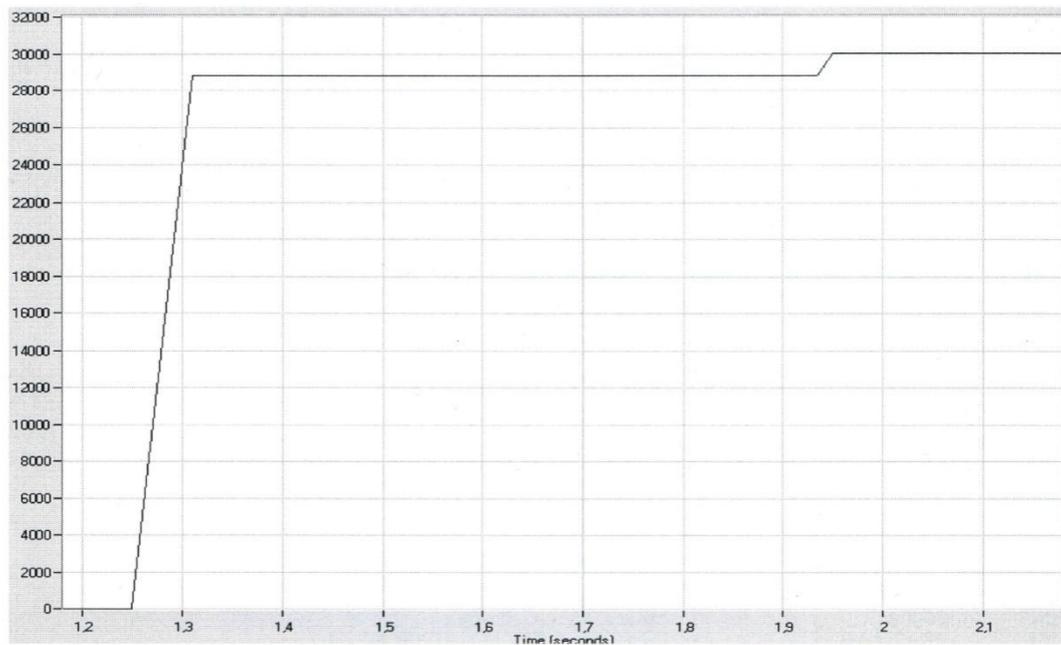
В программе в качестве источника сигнала по позиции выбираем параметр 03.29 (Driveencoderposition) а по скорости параметр 03.27 (Driveencoderspeedfeedback).

Затем установив переключатель S1 в положение «OFF» задаем величину задания на позицию в программе CTSoft. Включаем осциллограф и переводим переключатель S1 в положение «ON». Исполнительный механизм перемещается, выключаем осциллограф. Сохраняем полученный график переходного процесса.

Пример полученных переходных процессов по скорости и положению при различных параметрах П-регулятора позиции приведены на следующих прилагающихся рисунках.

Работа регулятора положения

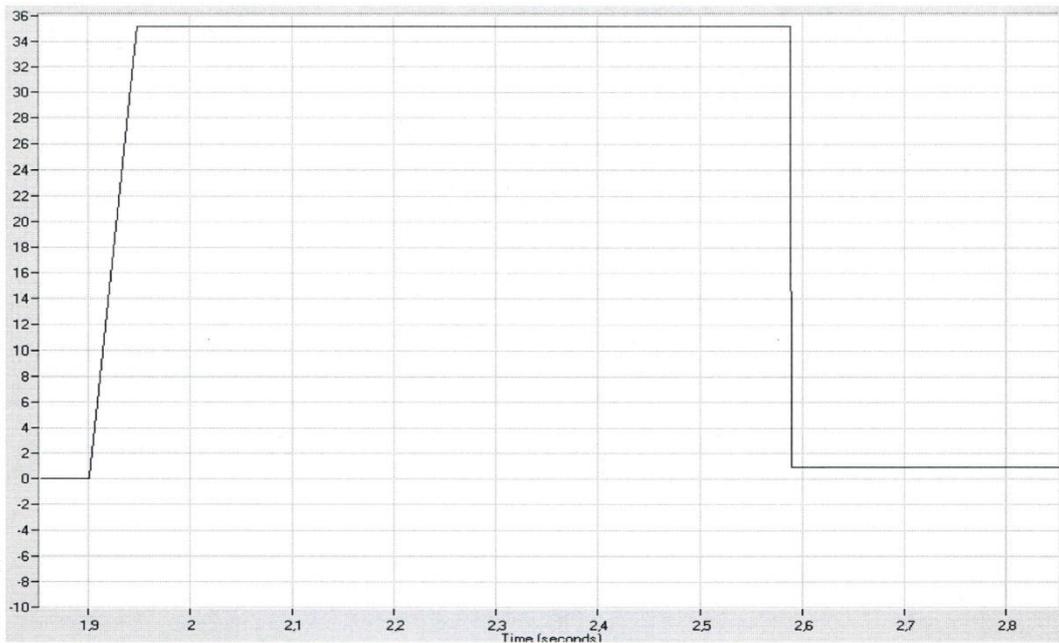
Значение П-регулятора	№ рисунка
5	7.18, 7.19
20	7.20, 7.21
40	7.22, 7.23
80	7.24, 7.25



Sample rate: 10ms
Time/div: 100ms

Channel	Line	Parameter	Offset	Scaling	Units	Node	Description
1	—	#03.29	0	1,000		1	Drive encoder position

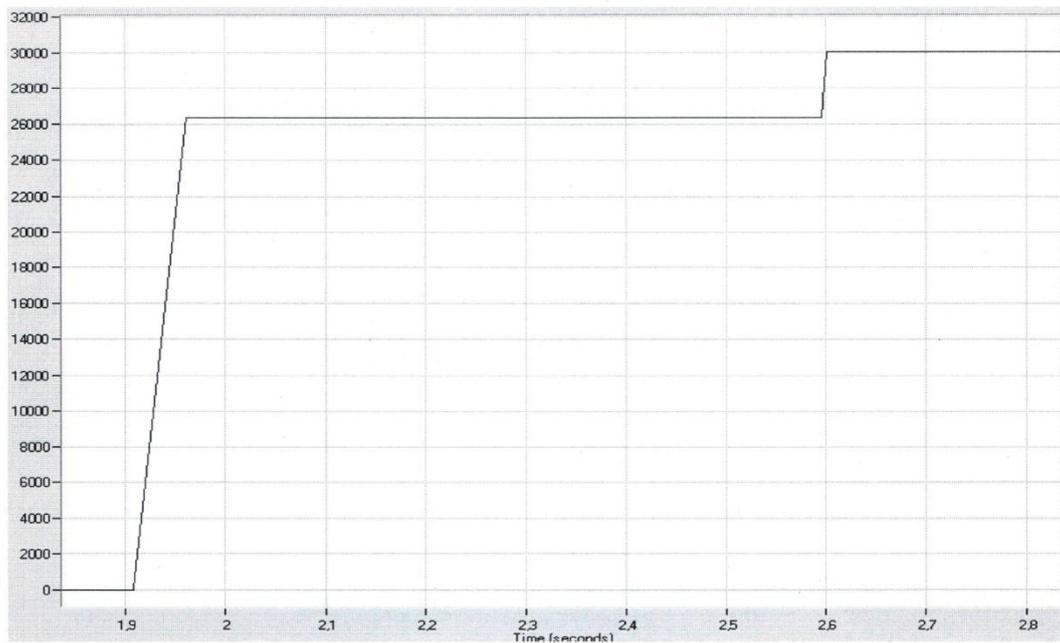
Рис. 7.18. График переходного процесса по позиции при $K_{\text{П}}=5$



Sample rate: 10ms
Time/div: 100ms

Channel	Line	Parameter	Offset	Scaling	Units	Node	Description
1	—	#03.27	0	1,000	RPM	1	Drive encoder speed feedback

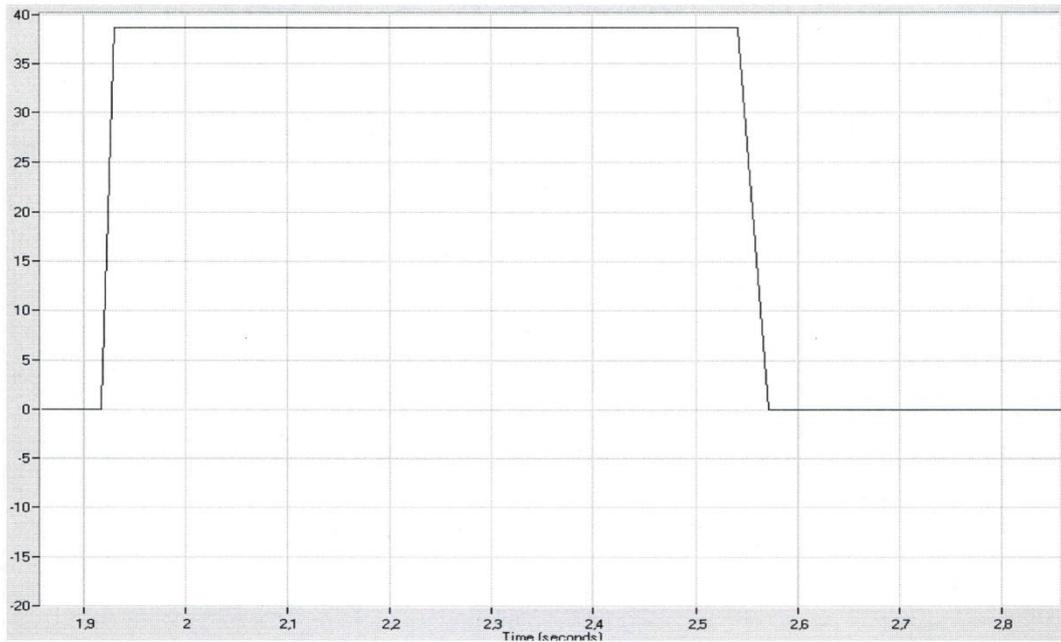
Рис. 7.19. График переходного процесса по скорости при $K_{II} = 5$



Sample rate: 10ms
Time/div: 100ms

Channel	Line	Parameter	Offset	Scaling	Units	Node	Description
1	—	#03.29	0	1,000		1	Drive encoder position

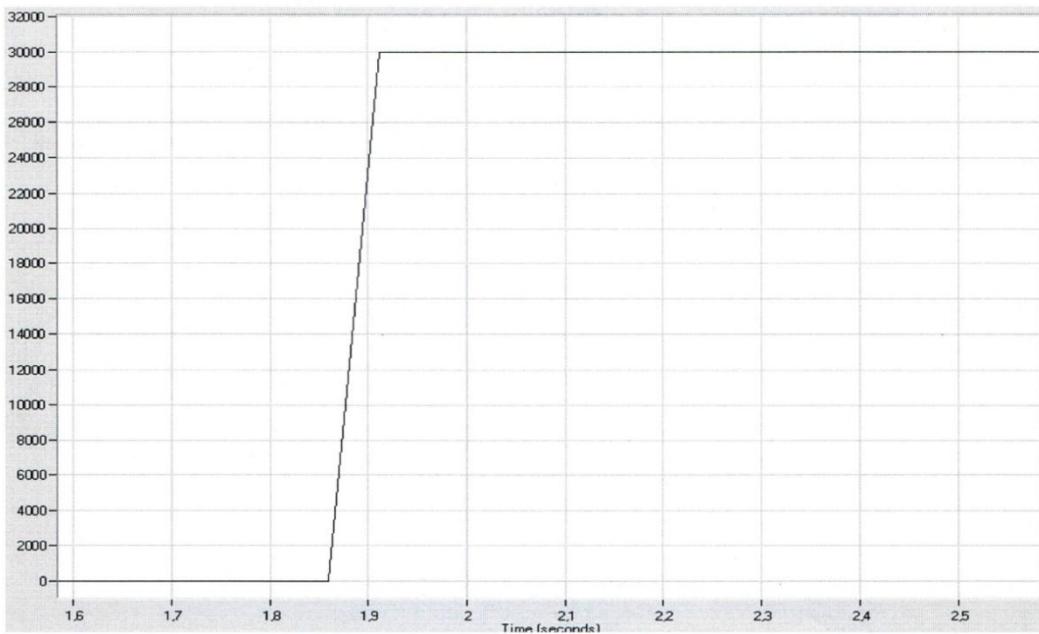
Рис. 7.20. График переходного процесса по позиции при $K_{II} = 20$



Sample rate: 10ms
Time/div: 100ms

Channel	Line	Parameter	Offset	Scaling	Units	Node	Description
1	—	#03.27	0	1,000	RPM	1	Drive encoder speed feedback

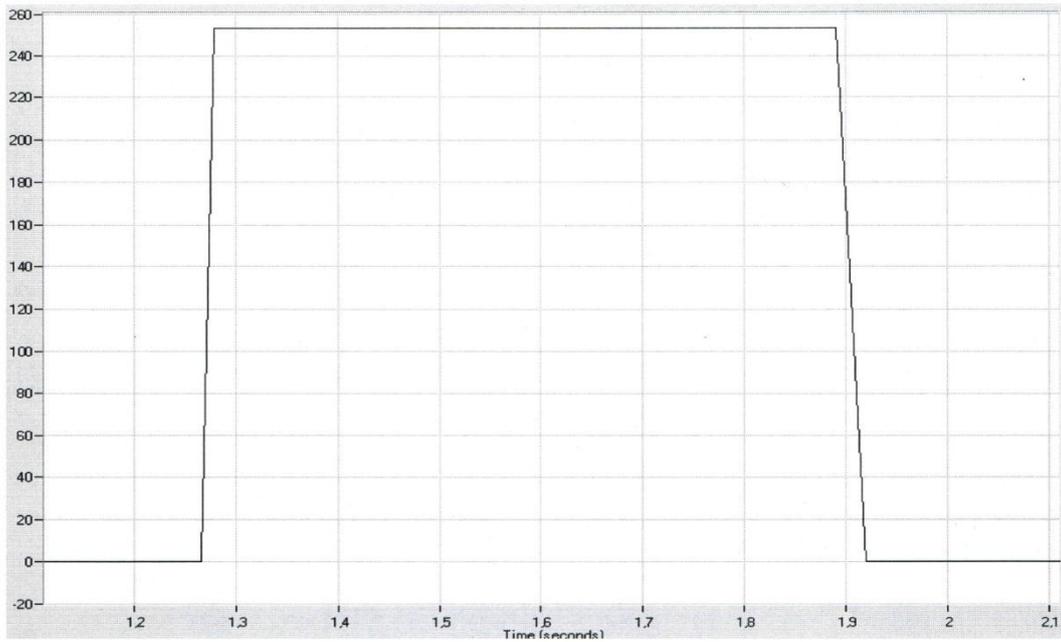
Рис. 7.21. График переходного процесса по скорости при $K_{II}=20$



Sample rate: 10ms
Time/div: 100ms

Channel	Line	Parameter	Offset	Scaling	Units	Node	Description
1	—	#03.29	0	1,000		1	Drive encoder position

Рис. 7.22. График переходного процесса по позиции при $K_{II}=40$



Sample rate: 10ms
Time/div: 100ms

Channel	Line	Parameter	Offset	Scaling	Units	Node	Description
1	—	#03.27	0	1,000	RPM	1	Drive encoder speed feedback

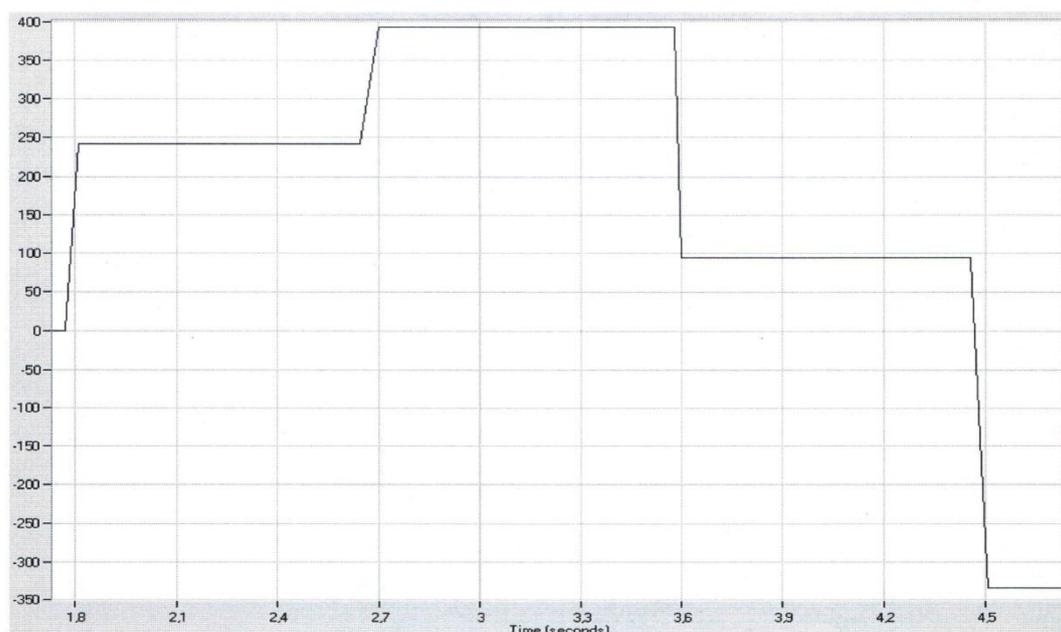
Рис. 7.23. График переходного процесса по скорости при $K_{П} = 40$



Sample rate: 10ms
Time/div: 470ms

Channel	Line	Parameter	Offset	Scaling	Units	Node	Description
1	—	#03.29	0	1,000		1	Drive encoder position

Рис. 7.24. График переходного процесса по позиции при $K_{П} = 80$



Sample rate: 10ms
Time/div: 300ms

Channel	Line	Parameter	Offset	Scaling	Units	Node	Description
1	—	#03.27	0	1,000	RPM	1	Drive encoder speed feedback

Рис. 7.25. График переходного процесса по скорости при $K_{II} = 80$

Оформление отчета

После проведения лабораторной работы у обучающихся должен быть оформлен отчет по проведенной работе содержащий: название и цель работы, электрическую схему установки, параметры электрических устройств, применяемых в работе и графики снятых переходных процессов, распечатанные на принтере.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение позиционному приводу.
2. Какие бывают виды сервоприводов?
3. Какие преимущества имеет серводвигатель?
4. Как влияет пропорциональный регулятор на быстродействие и точность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г. Б. Онищенко, М. И. Аксенов, В. П. Грехов, М. Н. Зарицкий, А. В. Куприков, А. И. Нитиевская. Автоматизированный электропривод промышленных установок. - М.: РАСХН – 2001. – 520 с.:ил.;
2. М.П. Белов Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: Академия – 2004. – 576 с.
3. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. 360с. ил.
4. Руководство по программированию привода VLT HVAC DanfossFC 102.

Учебное издание

Горбачевский Николай Иванович

кандидат технических наук

Ганиев Ришат Наильевич

кандидат технических наук

ЭЛЕКТРОПРИВОД В НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Корректор Белова И.М.

Худ.редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 25.11.15.

Подписано в печать 28.11.15.

Бумага писчая. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 14,25. Тираж 100 экз.

Заказ № 25.

НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ»,
г. Нижнекамск, 423570, ул. 30 лет Победы, д. 5а.