



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ ИМЕНИ
ГУМАРБЕКА
ДАУКЕЕВА**

Кафедра электрических
машин и электропривода

ЭЛЕКТРОПРИВОД

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов образовательной программы 6В07101 – Электроэнергетика

Алматы 2022

СОСТАВИТЕЛИ: Ж.С. Шыныбай, С.Б. Алексеев, Д.М. Чныбаева.
Электропривод. Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов ОП 6В07101 – Электроэнергетика. – Алматы: АУЭС, 2022. –
52 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных
работ по дисциплине «Электропривод», содержат необходимые теоретические
сведения, методику выполнения и анализа результатов.

Ил. 18, табл. 14, библи. – 4 назв.

Рецензент: доцент каф ЭТ

А.С. Баймаганов

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева» на
2022 г.

©НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека
Даукеева», 2022 г.

Введение

Стенды «Электрический привод» и «Основы электрических машин и электропривода» (рисунки 1, 2) предназначены для обучения студентов практическим навыкам исследования технических характеристик электроприводов постоянного и переменного тока, анализа их регулировочных возможностей и технико-экономических показателей.

Лабораторные работы по дисциплине «Электропривод», представленные в данном методическом указании, могут быть выполнены на стенде «Электрический привод» (рисунок 1) или на стенде «Основы электрических машин и электропривода» (рисунок 2). В первом случае в составе модулей стенда применяется преобразователь частоты Unidrive SP 1401, во втором – OMRON F7. Данные преобразователи необходимы для обеспечения соответствующих режимов работы электродвигателей при исследовании электромеханических и механических характеристик. Поэтому лабораторные работы начинаются с изучения устройства и порядка программирования конкретного преобразователя частоты, используемого на стенде. Методика проведения работ в целом одинакова для обоих случаев.

В состав стенда «Электрический привод» входят следующие модули:

- 1– модуль питания стенда (МПС);
- 2– модуль питания (МП);
- 3– модуль измерителя мощности (МИМ);
- 4– модуль добавочных сопротивлений № 1 (МДС1);
- 5– модуль возбуждения (МВ);
- 6– модуль ввода/вывода (МВВ);
- 7– модуль силовой (МС);
- 8– модуль преобразователя частоты (МПЧ);
- 9– модуль тиристорного преобразователя (МТП);
- 10– модуль тиристорный возбудитель (МТВ);
- 11– модуль регуляторов (МР);
- 12– модуль измерительный (МИ);
- 13– электромашинный агрегат.

Аналогичные модули имеются на стенде «Основы электрических машин и электропривода».

На стенде «Электрический привод» для измерения тока, напряжения, мощности и $\cos \varphi$ может быть применен универсальный цифровой измерительный прибор (МИМ), который позволяет наблюдать все эти параметры на дисплее прибора. Одновременно параметры тока и напряжения фиксируются стрелочными приборами. На стенде «Основы электрических машин и электропривода» имеются только стрелочные приборы, по показаниям которых рассчитываются остальные необходимые параметры. Технические данные электрических машин даются в приложении к лабораторным работам.

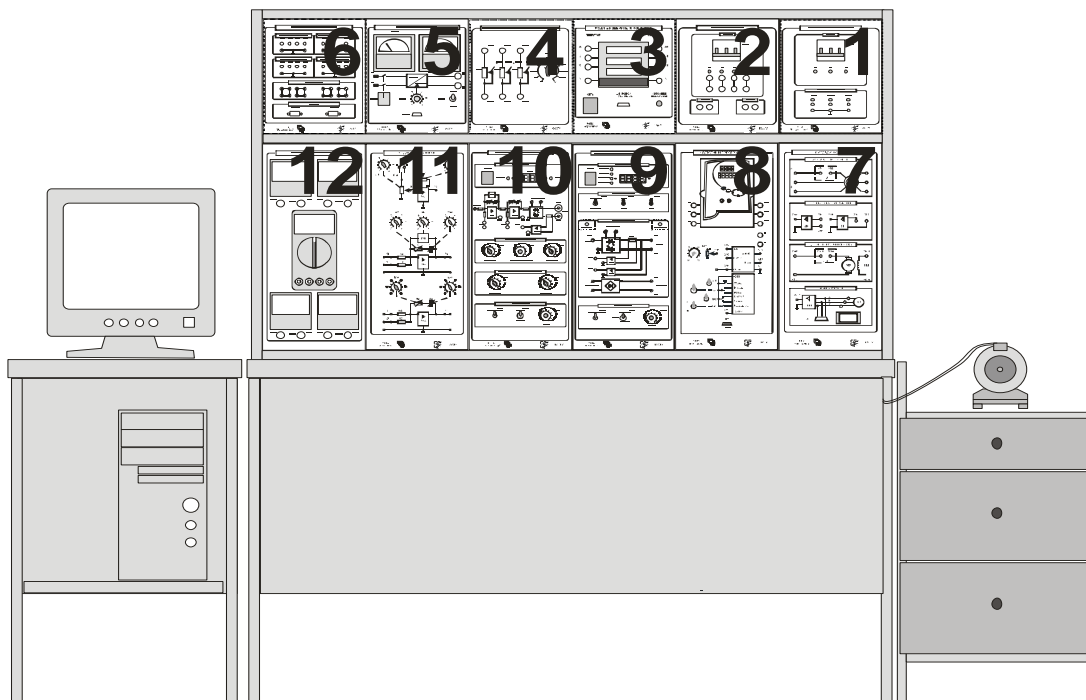


Рисунок 1 – Общий вид стенда «Электрический привод»

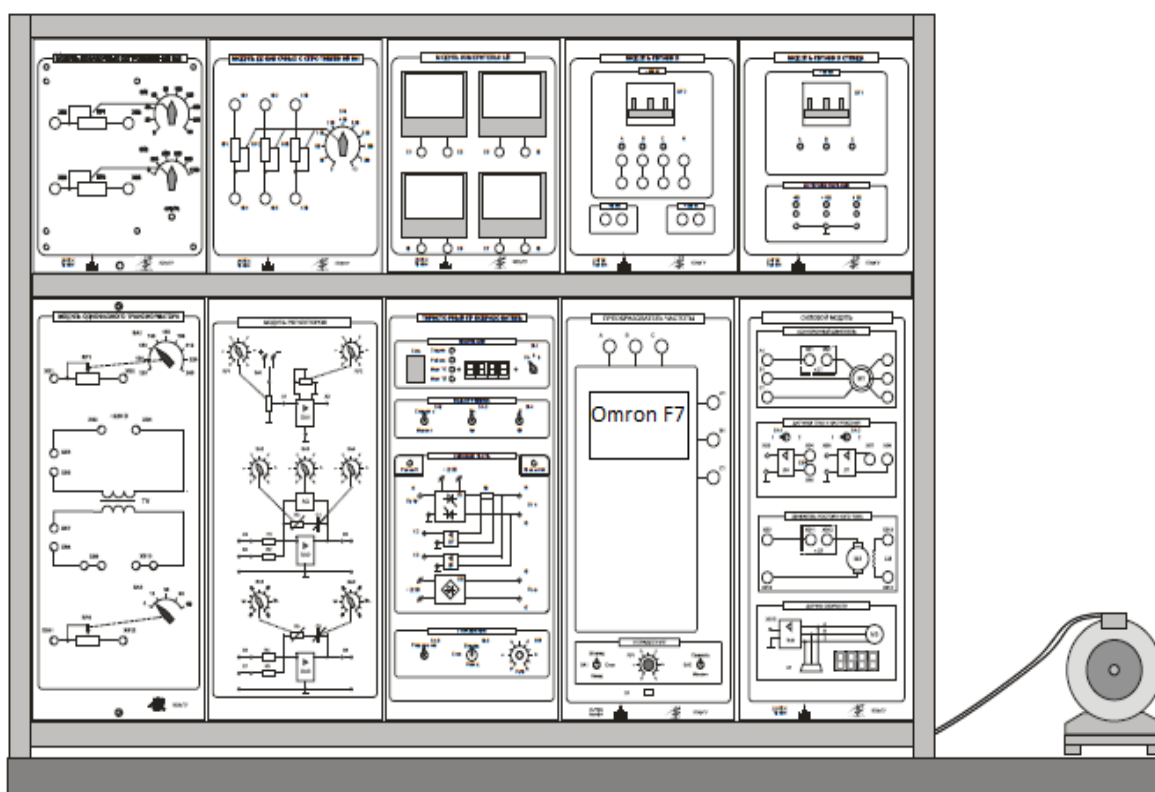


Рисунок 2 – Общий вид стенда «Основы электрических машин и электропривода»

1 Лабораторная работа № 1. Исследование преобразователя частоты Unidrive SP1401

Цель работы: приобретение практических навыков работы с преобразователем частоты Unidrive SP1401. Изучение системы параметров преобразователя частоты, порядка программирования и режимов совместной работы с электродвигателем.

1.1 Основные технические характеристики и элементы управления преобразователем частоты Unidrive SP1401

Основное назначение полупроводниковых преобразователей частоты (ПЧ) – регулирование скорости вращения асинхронных и синхронных электродвигателей различных производственных механизмов.

В проводимых лабораторных работах ПЧ представляет объект исследования, поскольку является важнейшим элементом процесса получения электромеханических и механических характеристик электропривода постоянного и переменного тока, обеспечивая заданные режимы работы.

Номинальная мощность установленного на стенде «Электрический привод» ПЧ составляет 0,75 кВт, номинальный ток – 2,1 А, диапазон выходных частот: 0,1...400 Гц, количество фаз – 3.

Unidrive SP1401 обеспечивает частотное регулирование АД при соотношении $U/f = \text{const}$ (скалярное управление) или векторное управление в разомкнутой и замкнутой по скорости системах, обеспечивая режимы регулирования скорости или момента, необходимые при выполнении лабораторных работ.

Силовая часть электрической схемы ПЧ решена на основе инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), а система управления построена на базе микропроцессорных технологий и позволяет реализовать как скалярное, так и векторное управление электроприводом (рисунок 1.1). При этом для каждого типа преобразователя частоты имеется своя система параметров и порядок программирования, установленный производителем. Необходимо строго соблюдать инструкцию и осторожность при программировании ПЧ, не производить необдуманных изменений в системе параметров, поскольку это может привести к аварийной ситуации и выходу преобразователя из строя.

На стенде ПЧ встроен в модуль, содержащий элементы подключения и управления. Внешний вид модуля «Преобразователь частоты» стенда «Электрический привод» представлен на рисунке 1.2.

Модуль преобразователя частоты содержит:

- преобразователь частоты Unidrive SP1401 с двухстрочным дисплеем и кнопками ввода параметров;

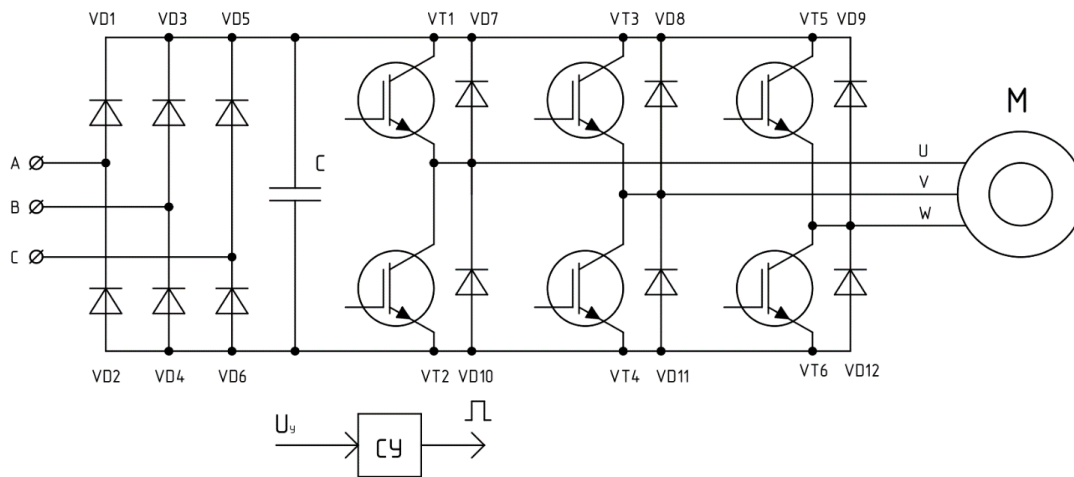


Рисунок 1.1 – Силовая схема ПЧ на основе инвертора напряжения с ШИМ

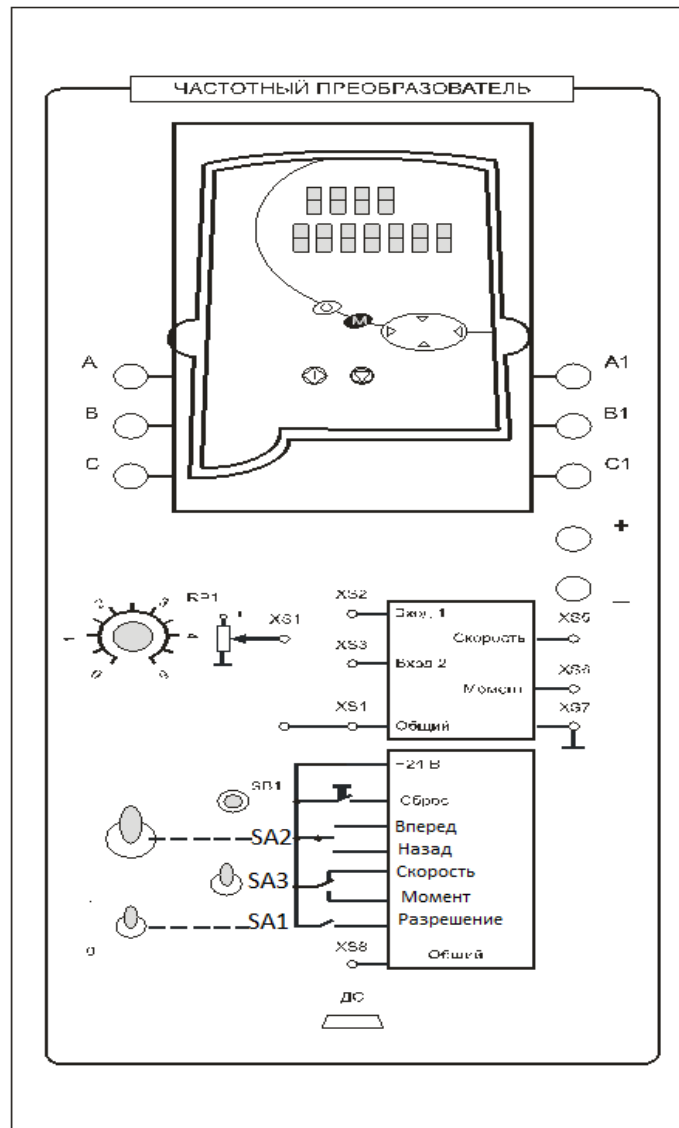


Рисунок 1.2 – Модуль преобразователя частоты Unidrive SP1401

- силовые клеммы подачи трехфазного входного напряжения А, В и С и снятия выходного напряжения А1, В1 и С1;
- силовые клеммы высокого напряжения постоянного тока: «+» и «-»;
- клеммы маломощных аналоговых сигналов управления преобразователя (XS2 – Вход 1, XS3 – Вход 2);
- клеммы XS5 и XS6 выходных аналоговых сигналов, пропорциональных соответственно частоте вращения и моменту асинхронного двигателя;
- потенциометр аналогового сигнала задания RP1;
- кнопку SB1 «Сброс» для сброса ошибки;
- переключатели SA1 (подачи разрешения на работу ПЧ), SA2 (выбора направления вращения вала двигателя), SA3 управления («Скорость» и «Момент»);
- разъем ДС для подключения импульсного датчика скорости при организации замкнутой системы с обратной связью по скорости.

Программирование ПЧ осуществляется с помощью пульта управления, установленного на лицевой панели модуля. Пульт управления преобразователя (рисунок 1.3) включает в себя дисплей и кнопки управления.

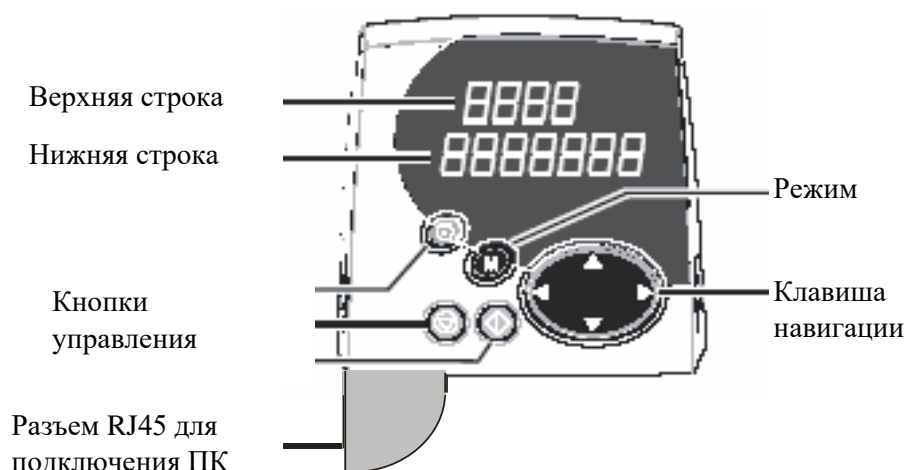




Рисунок 1.3 – Пульт управления преобразователя частоты UNIDRIVE SP


Кнопки лицевой панели:



– навигационная клавиша используется для навигации по структуре параметров и для изменения значений параметров;

– кнопка  используется для изменения настроек и подтверждения сделанных изменений;

– кнопка  «стоп/сброс» используется для остановки привода (в случае работы от кнопочной панели ПЧ) или для сброса параметров при программировании преобразователя;

– кнопка  «пуск» осуществляет пуск преобразователя (в случае работы от кнопочной панели ПЧ);

– кнопка  осуществляет реверс двигателя при управлении с кнопочной панели преобразователя.

1.2 Программа работы

1.2.1 Изучить принципы частотного регулирования и структуру силовой схемы преобразователя частоты на основе инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией.

1.2.2 Изучить порядок программирования и произвести подготовку преобразователя частоты для работы в режиме регулирования скорости.

1.2.3 Проверить работу электропривода в режиме регулирования скорости с панели управления и от внешнего потенциометра (RP1 ПЧ).

1.2.4 Изучить порядок программирования и произвести подготовку преобразователя частоты для работы в режиме регулирования момента.

1.2.5 Проверить работу электропривода в режиме момента при регулировании с панели управления и от внешнего потенциометра.

1.2.6 Составить отчет, сделать выводы.

1.3 Порядок выполнения работы

1.3.1 Подготовка преобразователя частоты для работы в режиме регулирования скорости с панели управления и от внешних элементов.

В лабораторном стенде преобразователь частоты используется в двух основных режимах – *режиме регулирования скорости и режиме регулирования момента*, которые обеспечиваются настройкой параметров ПЧ.


Для перевода ПЧ в заданный режим необходимо сбросить все его предыдущие настройки на заводские и, следуя инструкции, представленной ниже, перевести ПЧ в режим регулирования скорости.

Для сброса настроек на заводские необходимо при выключенных автоматах QF1, QF2 и отключенном выключателе «Сеть» ТП:

- тумблер SA1 ПЧ «Разрешение» установить в нижнее положение;
- SA2 – в среднее положение «Стоп»;
- SA3 – в положение «Скорость»;
- потенциометр RP1 ПЧ вывести в крайнее левое положение;
- установить переключку между XS1 и XS2 модуля ПЧ;
- собрать схему (рисунок 1.4);
- подать напряжение питания на ПЧ, включив автоматы QF1, QF2.

По прошествии нескольких секунд на дисплее преобразователя отображается информация о текущем режиме работы, после этого следует:

– навигационной клавишей вызвать на индикацию параметр 0.00;

– выбрать параметр 0.00 нажатием клавиши  ;

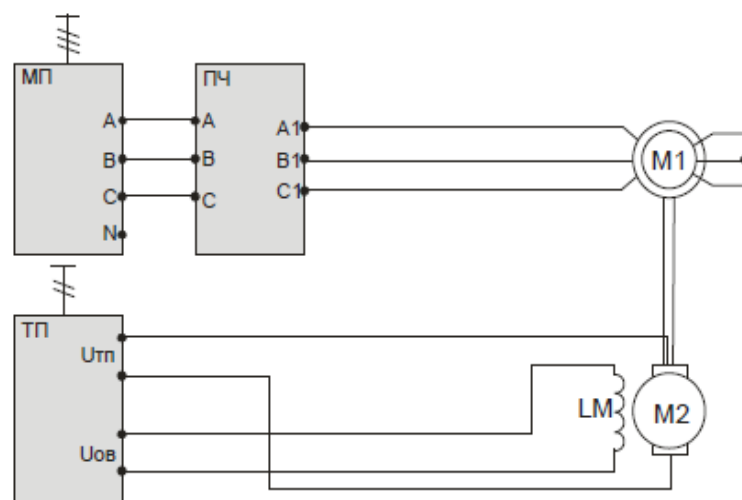


Рисунок 1.4 – Схема исследования ПЧ

– ввести значение 1253 и нажать клавишу **M** ;
 – в параметре 0.48 установить значение OPEN LOOP;
 – в параметре 0.00 ввести значение 1233 и запомнить значение нажатием клавиши **M** ;

– нажать кнопку **⏏** (стоп/сброс) – параметр 0.00 сбросится в «0». Это означает, что все параметры ПЧ сбросились на заводские настройки.

Далее необходимо:

– в параметре 0.49 установить значение L2 (это откроет доступ ко всем параметрам ПЧ);

– установить в параметре 0.42 число полюсов двигателя;

– установить в параметре 0.43 коэффициент мощности двигателя (должен быть отличен от нуля);

– установить в параметре 0.44 номинальное напряжение двигателя, В;

– установить в параметре 0.45 номинальную частоту вращения двигателя, об/мин;

– установить в параметре 0.46 номинальный ток, А;

– установить в параметре 0.47 номинальную частоту, Гц;

– установить параметр 5.27=OFF (режим компенсации скольжения отключен);

– произвести самонастройку привода.

Для выполнения режима самонастройки:

- установить в параметре 0.40 значение 2;

- подать разрешение на работу ПЧ (SA1 в положение «1»);

- установить любое направление вращения двигателя (SA2). Двигатель совершит несколько оборотов и остановится. Если настройка прошла успешно, параметр 0.40 сбросится в «0»;

- переключить тумблер SA1 в нижнее положение, SA2 в среднее положение;

- после проведения самонастройки преобразователя проверить параметры 0.42–0.47;

- сохранить новые измененные значения параметров. Для этого установить в параметр 0.00 значение 1000, подтвердить изменения и нажать кнопку «Сброс».

В результате произведенных настроек преобразователь переходит в режим регулирования в разомкнутой по скорости системе управления.

Для управления электроприводом с кнопочной панели преобразователя:

- установить тумблер SA1 «Разрешение» в нижнее положение;


- установить в параметр 0.01 значение «0» (минимальная выходная частота, Гц), а в параметр 0.02 – значение «50» (максимальная выходная частота, Гц);

- установить в параметр 0.05 значение «4» или «Rad» для управления от кнопочной панели преобразователя;

- для разрешения реверса двигателя необходимо установить в параметре 6.13 значение «On»;


– переключить тумблер SA1 «Разрешение» в верхнее положение;

– выбрать параметр 0.10 (скорость двигателя - об/мин);

– для запуска преобразователя нажать  («Пуск»), после чего появится сообщение «run» (преобразователь работает);

– нажать кнопку «Δ» – «Вверх» для увеличения скорости двигателя и соответственно кнопку «∇» – «Вниз» для ее уменьшения (на верхнем дисплее высвечивается скорость двигателя – об/мин);

– нажать «Стоп/сброс» и величина скорости снизится до нуля в соответствии с величиной замедления, указанной параметром 0.04. Нижний дисплей покажет dEC, а затем «rdY»;

– при повторном запуске (кнопка ) скорость двигателя возрастет до того значения, при котором было произведено отключение в соответствии с величиной ускорения, указанной параметром 0.03;

– опробовать реверс двигателя нажатием на кнопку ;

– для полной остановки преобразователя тумблер «Разрешение» перевести в нижнее положение.

Для управления электроприводом с внешних элементов:

– установить тумблер SA1 «Разрешение» в нижнее положение, потенциометр RP1 – в крайнее левое положение, переключатель SA2 – в среднее положение;

– установить в параметре 0.05 значение «A1.A2» для внешнего управления;

– выбрать параметр 0.10 (скорость двигателя – об/мин);

– переключить тумблер SA1 в верхнее положение;

- переключателем SA2 выбрать любое направление вращения;
- потенциометром RP1 задать скорость вращения двигателя. Пуск будет выполнен в соответствии с темпом разгона (параметр 0.03), текущая скорость высвечивается на верхней строке дисплея;
- изменить направление вращения. Для этого переключателем SA2 выбрать обратное направление вращения. Величина скорости снизится до нуля и далее произойдет реверс привода. Темп замедления скорости определяется параметром 0.04;
- для выхода преобразователя из рабочего режима тумблер SA1 «Разрешение» перевести в нижнее положение.

1.3.2 Подготовка преобразователя для работы в режиме регулирования момента.

В обычном режиме преобразователь частоты работает как источник скорости. Это означает, что электродвигатель переменного тока работает с частотой, заданной пользователем, на горизонтальной механической характеристике.

В режиме регулирования момента электродвигатель выступает в качестве источника активного момента и работает на вертикальной механической характеристике, обеспечивая режим источника регулируемого момента. При этом он вращается с частотой вращения нагружаемого агрегата. Пользователь задает только требуемый момент нагрузки.

Для перевода ПЧ в данный режим должны быть выполнены следующие действия:

- а) сброс настроек на заводские;
- б) настройка замкнутой системы по скорости (к ПЧ подключается датчик обратной связи по скорости – энкодер);
- в) инициализация режима регулирования момента.

Ниже приведен порядок действий по настройке ПЧ в режиме регулирования момента:

- отключить автоматы модулей питания стенда QF1, QF2;
- кабелем объединить разъемы X1 модуля силового и разъем ДС модуля ПЧ (заводится обратная связь по скорости);
- тумблер SA1 «Разрешение» установить в нижнее положение;
- переключатель SA2 – в среднее положение;
- SA3 – в положение «момент»;
- включить автоматические выключатели QF1 и QF2 модулей МПС и МП соответственно;
- установить значение параметра 0.00 на 1253 (разрешение на изменение режима работы преобразователя), нажать кнопку «М»;
- установить значение параметра 0.48 на CL.VECT (выбор режима работы преобразователя как замкнутой системы), нажать «М»;
- в параметре 0.00 ввести значение 1233 и запомнить значение нажатием кнопки «М»;

- нажать кнопку «Стоп-Сброс»;
- ввести паспортные данные исследуемого асинхронного электродвигателя (параметры 0.42–0.47);
- нажать кнопку «Стоп-Сброс»;
- используя навигационную клавишу и кнопку режима, установить параметры преобразователя в соответствии с таблицей 1.1;
- в параметр 03.34 занести количество импульсов на один оборот датчика скорости (500 имп/об);
- параметр 3.40 установить в «0».

Для выполнения самонастройки электропривода в параметр 0.40 ввести значение «2», установить тумблер SA1 в верхнее положение, SA2 – в положение «Вперед». Если появится сообщение tunE2, следует убрать разрешение на работу ПЧ, поменять местами фазы А и В электродвигателя и затем нажать кнопку «Сброс». Повторить самонастройку электропривода.

Установить следующие значения параметров: 4.13= 300; 4.14 = 1500; 3.10 = 0.008; 3.11 = 1.2; 10.30 = 2.00.

После ввода параметров необходимо нажать кнопку «сброс» – ПЧ перейдет в режим регулирования момента.

Проверить работу электропривода, запомнить направление вращения АД, вывести потенциометр RP1 в крайнее левое положение, выключить тумблер «Разрешение».

Перевести тиристорный преобразователь модуля ТП в режим регулирования скорости – SA2 в положение «скорость», SA3 в положение «Руч.», SA4 – в положение «НМ». Включить выключатель «Сеть» ТП, тумблером SA6 подать разрешение на работу привода, тумблером SA5 выбрать направление вращения вала ДПП (встречно АД). Установить номинальную скорость вращения двигателя постоянного тока потенциометром RP1 модуля ТП. Включить тумблер SA1 модуля ПЧ и с помощью потенциометра RP1 модуля ПЧ увеличивать момент на валу электродвигателя постоянного тока, наблюдая снижение скорости вращения.

Для облегчения процесса настройки преобразователя частоты в режим момента можно использовать карту памяти ПЧ. Режим регулирования по моменту записан в карте памяти по адресу 6400.

Чтобы перевести ПЧ в режим регулирования по моменту с карты памяти– необходимо:

- переключатель SA1 «Разрешение» перевести в нижнее положение;
- переключатель SA2 перевести в среднее положение «Стоп»;
- переключатель SA3 перевести в положение «Момент»;
- в параметре 0.00 занести значение 6400 и нажать кнопку «стоп/сброс»;
- произвести самонастройку электропривода и установить параметры 4.13= 300; 4.14 = 1500; 3.10 = 0.008; 3.11 = 1.2; 10.30 = 2.00.

Преобразователь частоты будет переведен в режим регулирования по моменту.

Таблица 1.1

Параметр	Значение	Примечание
11.20	7.12	Определение параметра 0.30
11.19	7.08	Определение параметра 0.29
11.18	3.08	Определение параметра 0.28
11.17	7.02	Определение параметра 0.27
11.16	7.11	Определение параметра 0.26
11.15	7.01	Определение параметра 0.25
11.14	0.00	Определение параметра 0.24
11.13	1.32	Определение параметра 0.23
11.12	1.31	Определение параметра 0.22
11.11	1.30	Определение параметра 0.21
11.10	1.29	Определение параметра 0.20
11.09	2.07	Определение параметра 0.19
11.08	2.06	Определение параметра 0.18
11.07	8.17	Определение параметра 0.17
11.06	6.01	Определение параметра 0.16
11.05	2.04	Определение параметра 0.15
11.04	1.05	Определение параметра 0.14
11.03	4.02	Определение параметра 0.13
11.02	2.01	Определение параметра 0.12
11.01	1.03	Определение параметра 0.11
9.33	4.11	T26 выбор выхода цифрового В/В 3
9.10	7.09	Назначение логической функции 1
9.07	On(1)	Инверсия источника 2 логической функции 1
9.04	6.32	Источник 1 логической функции 1
8.39	On(1)	Запрет автоматического выбора цифрового входа T28 и T29
8.32	Off(0)	T25 выбор цифрового В/В2
8.26	9.30	T26 назначение цифрового входа 6
8.25	10.33	T28 назначение цифрового входа 5
8.22	10.04	T25 источник/назначение цифрового В/В2
7.14	1.36	Назначение аналогового входа 2
7.10	4.08	Назначение аналогового входа 1
6.09	0	Синхронизация
6.01	Coast	Способ торможения
2.04	fast	Рампа
0.49	L2	Состояние защиты

1.4 Содержание отчета

1. Цель и программа работы.
2. Схема исследования ПЧ.
3. Алгоритмы перевода ПЧ в требуемые режимы.
4. Выводы.

1.5 Контрольные вопросы

1. Алгоритм сброса ПЧ на заводские настройки.
2. Алгоритм перевода ПЧ в режим регулирования скорости.
3. Алгоритм перевода ПЧ в режим регулирования момента.
4. Какие принципы частотного регулирования обеспечивает преобразователь Unidrive SP1401?
5. Объясните необходимость перевода ПЧ в режимы регулирования скорости или момента.

2 Лабораторная работа № 2. Исследование электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения

Цель работы: исследование электромеханических и механических характеристик электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в двигательном и тормозных режимах, построение энергетических диаграмм.

2.1 Программа работы

2.1.1 Изучить методику снятия электромеханических характеристик в двигательном и тормозных режимах. Перед началом работы проверить состояние автоматов QF1, QF2 модулей МПС и МП, подающих питание на стенд; они должны быть отключены.

2.1. Снять и построить естественную электромеханическую характеристику электродвигателя постоянного тока $\omega = f(I)$ и искусственную электромеханическую характеристику при заданном добавочном сопротивлении МДС1 в цепи якоря электродвигателя.

2.1.3 Снять и построить электромеханическую характеристику электродвигателя $\omega = f(I)$ в режиме рекуперативного торможения.

2.1.4 Снять и построить электромеханические характеристики электродвигателя $\omega = f(I)$ в режиме динамического торможения для двух значений сопротивления МДС1 по заданию преподавателя.

2.1.5 Провести обработку экспериментальных данных, построить механические характеристики и энергетические диаграммы, составить отчет и сделать заключение по работе.

2.2 Методика снятия естественной электромеханической характеристики

Естественная электромеханическая характеристика двигателя независимого возбуждения представляет собой зависимость его частоты вращения от тока якоря при номинальных значениях напряжения на зажимах якоря, тока возбуждения и отсутствии дополнительного сопротивления в цепи якоря: $\omega = f(I_{\text{я}})$ при $U_{\text{я}} = \text{const}$, $i_{\text{в}} = \text{const}$ и $R_{\text{д.я}} = 0$.

Регулирование нагрузки на валу электродвигателя постоянного тока обеспечивает асинхронный электродвигатель, подключенный к ПЧ, переведенному в режим регулирования момента.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- проверить состояние автоматов и выключателей, подводящих напряжение к модулям стенда; они должны быть отключены;

- собрать часть схемы, относящуюся к асинхронному электродвигателю (рисунок 2.1), подать напряжение на ПЧ (QF1, QF2) и перевести ПЧ в режим регулирования момента (см. лаб. 1, лаб. 7). По завершении настройки ПЧ отключить разрешение на работу ПЧ тумблером SA1, отключить автоматы QF1 и QF2;

- завершить сборку схемы (рисунок 2.1);

- переключатель SA1 модуля МДС1 установить в положение «∞».

- включить автоматы QF1 и QF2 модулей МПС и МП. Переводя ступенчатый переключатель МДС1 от «∞» к «0», запустить двигатель постоянного тока, запомнить направление вращения и вернуть переключатель в положение «∞»;

- подать разрешение на работу ПЧ (SA1) и выбрать переключателем SA2 модуля необходимое направление вращения вала АД (встречно двигателю постоянного тока), вернуть RP1 ПЧ в крайнее левое положение;

- переключателем МДС1 запустить ДПТ и оставить в положении «0» до конца опыта;

- снять точку холостого хода (при выключенном тумблере SA1 ПЧ);

- включить SA1 и, задавая с помощью потенциометра RP1 ПЧ тормозной момент на валу ДТП, снять несколько точек двигательного режима характеристики $\omega = f(I_{\text{я}})$. Данные занести в таблицу 2.1.

Ток якоря во время работы не должен превышать 1,5А.

По заданию преподавателя добавить сопротивление $R_{\text{д}}$ в цепь якоря двигателя переключателем МДС1 и снять характеристику $\omega = f(I_{\text{я}})$ при $U_{\text{я}} = \text{const}$, $i_{\text{в}} = \text{const}$ и $R_{\text{д.я}} \neq 0$.

После окончания опыта установить все переключатели модулей в исходное состояние. Произвести расчеты и заполнить таблицу 2.1.

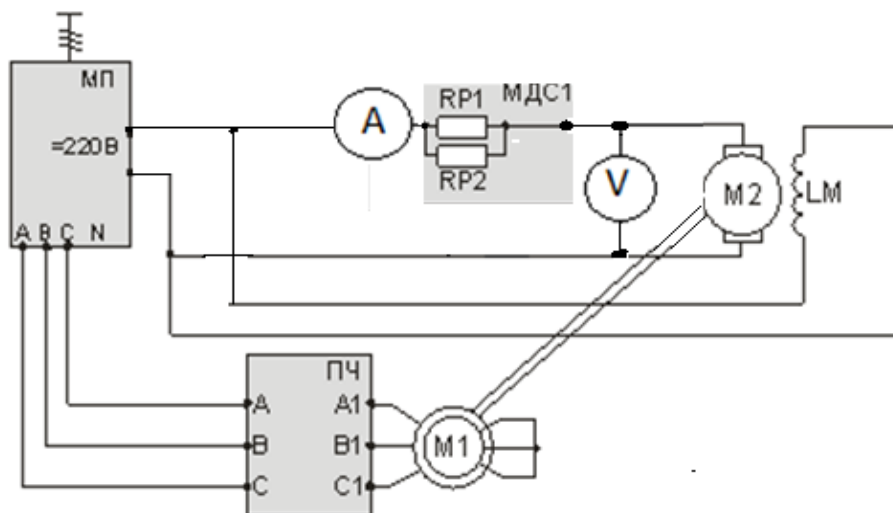


Рисунок 2.1 – Схема исследования естественной характеристики

Таблица 2.1

п, об/мин								
I _я , А								
U _я , В								
P _я , Вт								
ΔP _{ЭЛЯ} , Вт								
ΔP _{МЕХ.ДПТ} , Вт								
P _в , Вт								
η								
ω, 1/с								
M _в , Н·м								

2.2.1 Расчетные формулы.

Мощность, подводимая к двигателю, Вт:

$$P_{я} = U_{я} \cdot I_{я}.$$

Потери в якорной цепи ДПТ, Вт:

$$\Delta P_{ЭЛЯ} = I_{я}^2 \cdot r_{я},$$

где $r_{я}$ – сопротивление якорной цепи ДПТ (Приложение), Ом.

Мощность на валу двигателя:

$$P_{в} = P_{я} - \Delta P_{ЭЛ} - \Delta P_{МЕХ.ДПТ},$$

где $\Delta P_{МЕХ.ДПТ}$ – механические потери электродвигателя (Приложение), Вт.

Коэффициент полезного действия для двигательного режима:

$$\eta = \frac{P_B}{P_{\text{я}}}.$$

Частота вращения двигателя, 1/с:

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \cdot n.$$

Момент на валу двигателя, Н·м:

$$M_B = \frac{P_B}{\omega}.$$

По данным таблицы 2.1 построить электромеханические и механические характеристики, а также зависимости: $\eta = f(M_B)$; $\eta = f(I_{\text{я}})$.

2.2.2 Построение энергетических диаграмм.

Энергетические диаграммы представляют собой графическое отображение распределения потерь и показывают направление потоков мощностей в электроприводе.

Диаграмма отображается в масштабе для конкретного режима работы и для конкретной точки. Направление потоков мощностей показывается стрелками с указанием величин потерь.

Примерный вид диаграммы для двигательного режима представлен на рисунке 2.2.

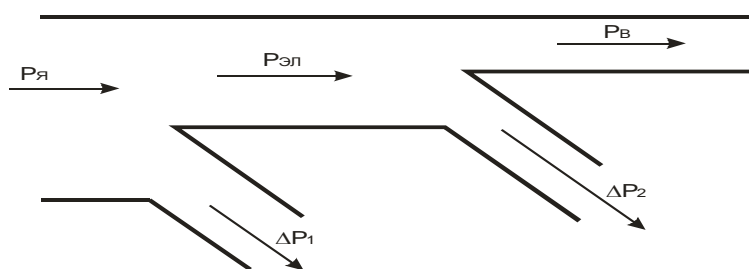


Рисунок 2.2 – Энергетическая диаграмма ДПТ для двигательного режима

В лабораторной работе необходимо построить диаграммы для двигательного, режима, а также для режима холостого хода.

2.3 Методика снятия электромеханической характеристики рекуперативного торможения

Схема для исследования режима рекуперативного торможения двигателя постоянного тока независимого возбуждения представлена на рисунке 2.3.

Питание на двигатель постоянного тока подается от тиристорного преобразователя ТП, позволяющего устанавливать на двигателе необходимое напряжение и осуществлять плавный пуск. Асинхронный двигатель, подключенный к преобразователю частоты, обеспечивает перевод двигателя постоянного тока в режим рекуперативного торможения.

Рекуперативное торможение двигателя постоянного тока представляет собой способ торможения, при котором энергия торможения отдается обратно в источник питания. В данном случае в качестве источника питания выступает тиристорный преобразователь, который отдает рекуперированную энергию в сеть.

Процесс рекуперативного торможения происходит только в том случае, когда частота вращения двигателя постоянного тока превосходит частоту вращения на холостом ходу. При этом ЭДС двигателя оказывается больше ЭДС источника.

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести коммутирующие элементы стенда в исходное состояние:

- отключить автоматы QF1, QF2;
- отключить выключатель «Сеть» модуля ТП, тумблером SA2 установить режим регулирования скорости ТП; SA3 перевести в положение «Руч», SA4 – в положение «НМ», SA5 – в положение «Стоп», SA6 «Разрешение» – в нижнее положение;
- тумблер SA1 ПЧ установить в нижнее положение, переключатель SA2 ПЧ перевести в среднее положение, потенциометр RP1 ПЧ установить в крайнее положение против часовой стрелки;
- собрать схему (рисунок 2.3);
- перевести ПЧ в режим регулирования по моменту (см. лаб. 1, лаб. 7);

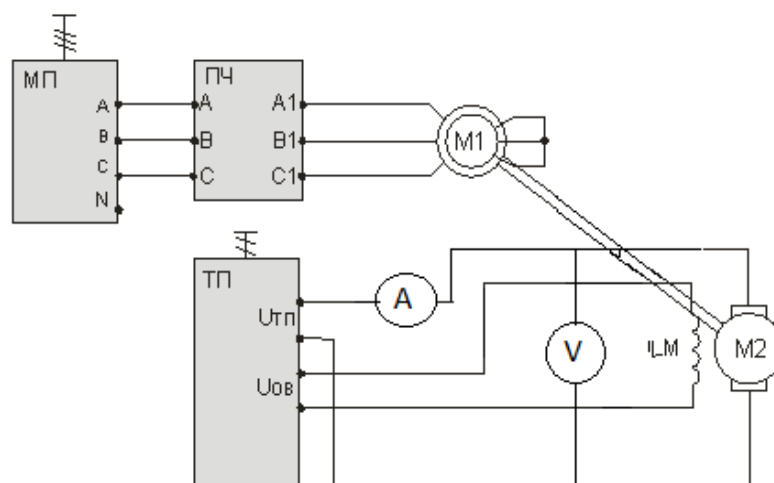


Рисунок 2.3 – Схема исследования характеристики рекуперативного торможения

Опыт проводится в следующей последовательности:

- включением автоматических выключателей QF1, QF2 модулей питания стенда подать напряжение на необходимые элементы стенда;
- включить выключатель «Сеть» ТП;
- тумблером SA5 выбрать направление вращения ДПП, подать разрешение на работу ТП тумблером SA6, потенциометром RP1 плавно запустить двигатель (запомнить направление вращения вала), вернуть RP1 в крайнее левое положение;
- подать разрешение на работу ПЧ тумблером SA1, выбрать направление вращения вала АД тумблером SA2 (в направлении вращения ДПТ), вернуть RP1 ПЧ в крайнее левое положение;
- установить выходное напряжение ТП на уровне 120...150В;
- увеличивая момент с помощью RP1 ПЧ, начиная с точки холостого хода, снять несколько точек характеристики $\omega = f(I_{\text{я}})$ в режиме рекуперации ДПТ, фиксируя данные в таблице 2.2. *Особое внимание необходимо обратить на точку перехода из двигательного режима в генераторный режим.* В ходе выполнения опыта важно учитывать знаки фиксируемых величин.

Таблица 2.2

U _я , В					
I _я , А					
i _в , А					
n, об/мин					
ω , 1/с					
P _я , Вт					
$\Delta P_{\text{ЭЛЯ}}$, Вт					
$\Delta P_{\text{ЭЛВ}}$, Вт					
P _в , Вт					
M, Н·м					
$\eta_{\text{ДПТ}}$					

После проведения опыта необходимо установить все переключатели модулей в исходное состояние.

2.3.1 Расчетные формулы.

Частота вращения электродвигателя, 1/с:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n .$$

Выходная мощность тиристорного преобразователя, Вт:

$$P_{\text{я}} = U_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}} .$$

Электрические потери в обмотке якоря, Вт:

$$\Delta P_{\text{ЭЛЯ}} = I_{\text{я}}^2 \cdot r_{\text{я}},$$

где $r_{\text{я}}$ – сопротивление якорной цепи ДПТ (Приложение В), Ом.

Электрические потери в цепи обмотки возбуждения электродвигателя, Вт:

$$\Delta P_{\text{ЭЛВ}} = i_{\text{В}}^2 \cdot r_{\text{В}},$$

где $r_{\text{В}}$ – сопротивление цепи обмотки возбуждения (Приложение), Ом.

Мощность на валу электродвигателя, Вт:

$$P_{\text{В}} = P_{\text{Я}} - \Delta P_{\text{ЭЛЯ}} - \Delta P_{\text{ЭЛВ}} - \Delta P_{\text{МЕХ.ДПТ}},$$

где $\Delta P_{\text{МЕХ.ДПТ}}$ – механические потери ДПТ, Вт.

Момент, развиваемый двигателем, Н·м:

$$M = k\Phi \cdot I_{\text{я}},$$
$$k\Phi = \frac{U_{\text{ян}} - I_{\text{ян}} \cdot r_{\text{я}}}{\omega_{\text{н}}}.$$

2.4 Исследование режима динамического торможения

Динамическое торможение ДПТ представляет собой такой тип торможения, при котором якорная цепь отключается от источника питания и подключается к сопротивлению $R_{\text{ДТ}}$, на котором в виде тепла рассеивается энергия процесса торможения.

Обмотка возбуждения ДПТ подключается к выходу $\approx 220\text{В}$ модуля питания, а якорная цепь подключается к модулю МДС1 через добавочные сопротивления $RP1$ и $RP2$, соединенные в параллель.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- собрать схему (рисунок 2.4)
- перед проведением опыта перевести преобразователь частоты в режим регулирования скорости (см. лаб. 1, лаб. 7);
- установив по указанию преподавателя добавочное сопротивление в цепи якоря ДПТ, подать напряжение на стенд включением автоматических выключателей QF1 (МПС), QF2 (МП);
- задав переключателем SA1 модуля ПЧ направление вращения асинхронного двигателя, изменять частоту вращения АД потенциометром RP1 модуля ПЧ. В этом случае машина постоянного тока работает в режиме генератора, а ее энергия рассеивается на сопротивлениях МДС1;

– плавно задавая нагрузку (4–5 точек), снять электромеханическую характеристику ДПТ при вращении вперед и назад. При проведении опыта ток не должен превышать -1.5А. Данные занести в таблицу 2.3. Повторить опыт для другого значения сопротивления в якорной цепи.

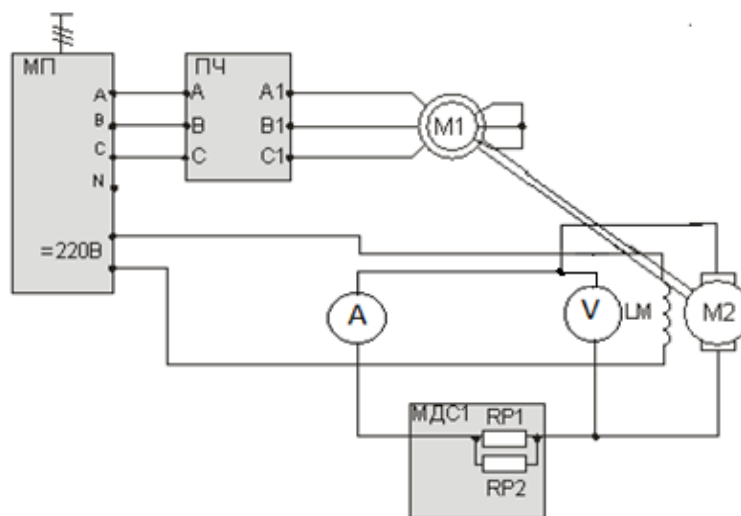


Рисунок 2.4 – Схема исследования режима динамического торможения

После окончания работы необходимо установить все переключатели модулей в исходное состояние, рассчитать необходимые величины, указанные в таблицах, а также построить механические характеристики $\omega=f(M)$ и энергетические диаграммы. Составить отчет, сделать заключение по работе.

Таблица 2.3

$R_{ДОБ} =$						
$U_{ТП}, В$						
$U_{я}, В$						
$I_{я}, А$						
$n, об/мин$						
$\omega, 1/с$						
$P_{ТП}, Вт$						
$P_{я}, Вт$						
$\Delta P_{ЭЛЯ}, Вт$						
$\Delta P_{ЭЛВ}, Вт$						
$\Delta P_{ДОБ}, Вт$						
$P_{В}, Вт$						
$M, Н\cdot м$						
$\eta_{ДПТ}$						

2.5 Контрольные вопросы

1. Как изменить направление вращения ДПТ?
2. Почему при уменьшении тока возбуждения частота вращения ДПТ возрастает?
3. Как должен изменяться ток якоря при уменьшении тока возбуждения и постоянном моменте сопротивления на валу двигателя?
4. Как изменится вид механической характеристики двигателя, если ввести в цепь якоря добавочное сопротивление $R_{д\dot{я}}$?
5. Какой из видов торможения ДПТ наиболее оптимален в энергетическом отношении, какой наименее оптимален?

2.6 Содержание отчета

1. Цель и программа работы.
2. Схемы исследования ДТД.
3. Механические характеристики, энергетические диаграммы.
4. Выводы.

3. Лабораторная работа № 3. Исследование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Цель работы: исследование электромеханических и механических характеристик асинхронного электродвигателя в двигательном режиме и режиме рекуперативного торможения, построение энергетических диаграмм электродвигателя.

3.1 Программа работы

- 3.1.1 Изучить методику снятия электромеханической характеристики асинхронного электродвигателя.
- 3.1.2 Снять и построить естественную электромеханическую характеристику АД, $\omega=f(I)$ в двигательном и генераторном режимах.
- 3.1.3 Произвести необходимые расчеты и построить механическую характеристику $\omega=f(M)$ и зависимости $\eta, \cos(\varphi)=f(M)$.
- 3.1.4 Построить энергетические диаграммы двигателя.
- 3.1.5 Составить отчет и сделать заключение по работе.

3.2 Методика получения естественной электромеханической характеристики

Асинхронный двигатель, исследуемый в данной работе, подключается к выходам 3х380В модуля питания. Для контроля параметров АД используются приборы измерительного модуля (МИ) и модуля измерителя

мощности (МИМ). Двигатель постоянного тока подключается к тиристорному преобразователю (ТП) и выступает в роли нагрузочной машины. Параметры двигателя контролируются приборами измерительного модуля.

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести модули в исходное состояние:

- проверить состояние автоматов QF1 и QF2 – они должны быть отключены;

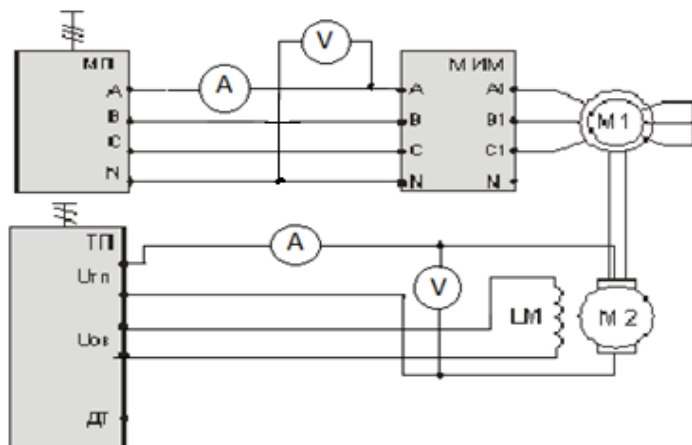


Рисунок 3.1 – Схема исследования асинхронного электродвигателя

– переключатель «Сеть» тиристорного преобразователя перевести в нижнее положение, переключатель SA2 – в положение «Момент», SA3 – в положение «Руч», SA4 – в положение «НМ», SA6 «Разрешение» – в нижнее положение;

- собрать схему (рисунок 3.1).

3.2.1 Снятие естественной электромеханической характеристики двигателя.

Электромеханическая характеристика двигателя представляет собой зависимость частоты вращения от тока статора $\omega = f(I)$.

Опыт проводится в следующей последовательности:

– включить автоматические выключатели QF1, QF2, при этом подается напряжение на асинхронный двигатель, запомнить направление вращения вала двигателя и отключить двигатель автоматом QF2;

– подать питание на ТП включением кнопки «Сеть»;

– подать разрешение на работу ТП (SA6) и выбрать направление вращения вала ДТ (переключатель SA5 модуля ТП) в направлении, противоположном АД, задавая скорость вращения потенциометром RP1 ТП;

- вывести потенциометр RP1 в крайнее левое положение;

- подать напряжение на АД автоматом QF2 и, когда обороты двигателя установятся в режиме холостого хода, записать показания измерительных приборов;

– потенциометром RP1ТП, плавно задавая момент нагрузки на валу АД, снять несколько точек двигательного режима и вывести потенциометр в крайнее левое положение;

- переключателем SA5 поменять направление момента, снять несколько точек генераторного режима, задавая момент потенциометром RP1. Зафиксировать точку перехода двигателя в генераторный режим.

При проведении опыта следить за током якоря ДПТ. Ток не должен превышать 1.5 А.

Таблица 3.1

n, об/мин									
U _Ф , В									
I _С , А									
P _С , Вт									
I _я , А									
U _я , В									
ω, 1/с									
S, В·А									
cos(φ)									
ΔP _{ЭЛ.СТ} , Вт									
ΔP _{МЕХ.АД} , Вт									
P _В , Вт									
M _В , Н·м									
η									

После проведения опыта установить все переключатели модулей в исходное состояние. Произвести необходимые расчеты.

3.2.2 Расчетные формулы

Частота вращения двигателя, 1/с:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n.$$

Полная мощность, потребляемая из сети, В·А:

$$S = 3 \cdot U_{\Phi} \cdot I_{C};$$

cos(φ) электродвигателя:

$$\cos(\varphi) = \frac{P_{C}}{S},$$

где P_С – активная мощность, потребляемая из сети, Вт.

Электрические потери в цепи статора, Вт:

$$\Delta P_{\text{ЭЛСТ}} = 3 \cdot I_C^2 \cdot r_C,$$

где r_C – сопротивление фазы обмотки статора.
Полезная мощность на валу двигателя, Вт:

$$P_B = P_C - \Delta P_{\text{ЭЛСТ}} - \Delta P_{\text{МЕХ.АД}},$$

где $\Delta P_{\text{МЕХ.АД}}$ – механические потери двигателя, Вт.
Момент на валу двигателя, Н·м:

$$M_B = \frac{P_B}{\omega}.$$

Коэффициент полезного действия в двигательном режиме электродвигателя:

$$\eta = \frac{P_B}{P_C}.$$

Коэффициент полезного действия в генераторном режиме:

$$\eta = \frac{P_C}{P_B}.$$

По данным опытов построить механическую, электромеханическую характеристику, а также зависимости $\eta, \cos(\varphi) = f(M_B)$.

3.2.3 Построение энергетических диаграмм.

Энергетические диаграммы представляют собой графическое отображение распределения потерь и показывают направление потоков мощностей в электроприводе.

Диаграмма отображается в масштабе для конкретного режима работы и для конкретной точки. Направление потоков мощностей показывается стрелками с указанием величин потерь.

Примерный вид диаграммы для двигательного режима представлен на рисунке 3.2.

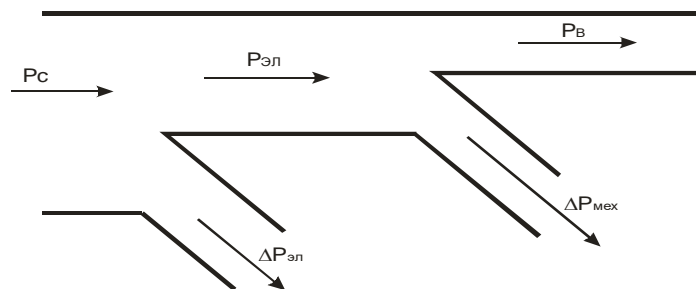


Рисунок 3. 2 – Энергетическая диаграмма АД для двигательного режима

В лабораторной работе необходимо построить диаграммы для двигательного, генераторного режимов, а также для режима холостого хода. Результаты расчета для конкретной точки привести в таблице 3.2.

Таблица 3.2

ω , 1/с	M_B , Н·м	P_C , Вт	$\Delta P_{ЭЛ}$, Вт	$\Delta P_{МЕХ}$, Вт	P_B , Вт

3.3 Контрольные вопросы

1. Как изменить направление вращения асинхронного двигателя?
2. Как изменится момент асинхронного двигателя при понижении напряжения питающей сети?
3. Может ли асинхронный двигатель создавать момент при синхронной частоте вращения?
4. Как изменяется ток статора двигателя при повышении напряжения и неизменной нагрузке на валу двигателя?
5. Объяснить физический смысл зависимости $\cos\varphi_1 = f(P_2)$.
6. На механической характеристике двигателя указать точку перехода в генераторный режим, точку реального и идеального холостого хода.

3.4 Содержание отчета

1. Цель и программа работы.
2. Схемы исследования АД.
3. Механические характеристики, энергетические диаграммы.
4. Выводы.

4. Лабораторная работа № 4. Исследование системы «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока»

Цель работы: исследование электромеханических и механических характеристик системы «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока» (ТП-Д).

4.1 Программа работы

4.1.1 Изучить устройство и принцип действия системы ТП-Д, порядок снятия естественной и искусственных характеристик.

4.1.2 Снять естественную электромеханическую характеристику двигателя постоянного тока (ДТП) $\omega = f(I)$.

4.1.3 Снять искусственные электромеханические характеристики $\omega = f(I)$ при регулировании напряжения на якоре ДПТ.

4.1.4 По полученным данным построить электромеханические и механические характеристики, составить отчет по работе.

4.2 Методика снятия естественной и искусственных электромеханических характеристик в системе ТП-Д

4.2.1 Подготовка стенда к выполнению экспериментов.

Двигатель постоянного тока подключается к модулю тиристорного преобразователя (ТП). Якорная обмотка ДТП присоединяется к выходам двухкомплектного тиристорного выпрямителя модуля ТП. Обмотка возбуждения – к выходам нерегулируемого источника напряжения $=220\text{В}$ модуля ТП. Напряжение на выходе ТП задается потенциометром RP1.

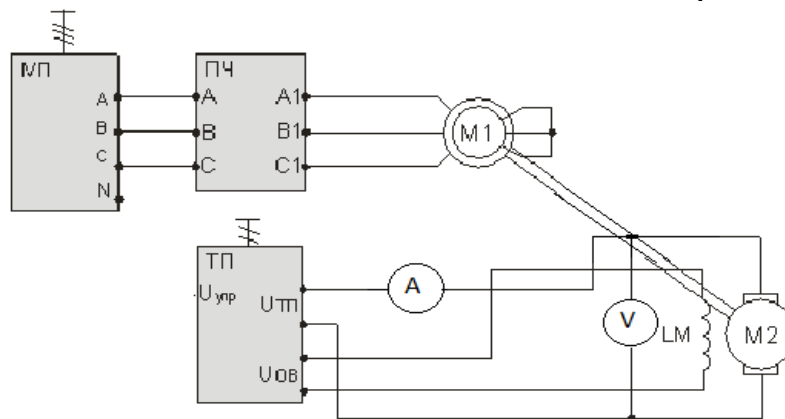


Рисунок 4.1 – Схема исследования системы ТП-Д

В качестве нагрузочной машины выступает асинхронный электродвигатель, подключенный к преобразователю частоты ПЧ.

ПЧ подключается к трехфазному напряжению $3 \times 380\text{В}$ от модуля МП.

Перед началом лабораторной работы необходимо привести модули в исходное состояние:

- отключить автоматы QF1 и QF2;
- отключить выключатель "Сеть" ТП;
- тумблером SA2 перевести ТП в режим регулирования скорости, установить тумблер SA3 в положение «Руч.», SA4 – в положение "НМ", SA 5 – в положение «Стоп», SA6 «Разрешение» – в нижнее положение;
- переключатель SA1 модуля ПЧ установить в нижнее положение,
- потенциометр RP1 ПЧ – в крайнее положение против часовой стрелки, тумблер SA2 – в среднее положение;
- собрать схему (рисунок 4.1);
- включить автомат QF1;
- включить выключатель «Сеть» ТП;
- тумблер SA6 перевести в верхнее положение и тумблером SA5 задать направление вращения двигателя;
- потенциометром RP1 ТП установить незначительное напряжение на двигателе, запомнить направление вращения вала и вернуть RP1 назад.
- отключить питание ТП.
- включить автомат QF2, при этом будет подано напряжение на ПЧ;

- перевести ПЧ режим регулирования момента (см. лаб. 1, лаб. 7), установить направление вращения вала АД тумблером SA2 встречно ДТП;
- вернуть RP1 ПЧ в исходное состояние;
- подать напряжение на ТП выключателем «Сеть».

После выполненных действий схема готова к проведению экспериментов.

4.2.2 Снятие естественной электромеханической характеристики

Естественная электромеханическая характеристика ТП-Д представляет собой зависимость частоты вращения двигателя от тока якоря $\omega=f(I)$ при постоянной величине питающего напряжения $U_{Я}=const$.

Снятие электромеханической характеристики проводится в следующей последовательности:

- проверить состояние коммутирующих элементов схемы управления согласно вышеприведенной методике;

- подать разрешение на работу ТП (SA6) и установить потенциометром RP1 модуля ТП выходное напряжение ТП – 200В, записать показания приборов в точке холостого хода;

- разрешить работу ПЧ тумблером (SA1) и, задавая потенциометром RP1 модуля ПЧ момент нагрузки снять несколько точек двигательного режима характеристики $\omega = f(I)$, начиная с точки холостого хода. При проведении опыта следить за током якоря ДПП. Ток не должен превышать 1,5А.

Далее:

- вывести потенциометр RP1 ПЧ в крайнее левое положение, тумблером SA2 ПЧ изменить направление задания момента и снять несколько точек в генераторном режиме. Зафиксировать точку перехода двигателя в генераторный режим.

После проведения опыта вывести RP1 модуля ПЧ в крайнее левое положение, тумблер SA1 ПЧ установить в нижнее положение, SA2 – в среднее положение. Вывести RP1 ТП в левое положение, перевести SA6 ТП в нижнее положение. Отключить выключатель «Сеть» ТП.

Таблица 4.1

n, об/мин					
I _я , А					
U _я , В					
i _в , А					
P _я , Вт					
ΔP _{эля} , Вт					
ΔP _{элв} , Т					
P _в , Вт					
M _в , Н·м					
ω, 1/с					

4.2.3 Расчетные формулы.

Частота вращения электродвигателя, 1/с:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n .$$

Мощность на выходе тиристорного преобразователя, Вт:

$$P_{\text{я}} = U_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}} .$$

Электрические потери в якорной цепи электродвигателя, Вт:

$$\Delta P_{\text{ЭЛЯ}} = I_{\text{я}}^2 \cdot r_{\text{я}} ,$$

где $r_{\text{я}}$ – сопротивление якорной цепи, Ом.

Электрические потери в цепи обмотки возбуждения электродвигателя, Вт:

$$\Delta P_{\text{ЭЛВ}} = i_{\text{В}}^2 \cdot r_{\text{В}} ,$$

где $r_{\text{В}}$ – сопротивление цепи обмотки возбуждения, Ом.

Мощность на валу электродвигателя, Вт:

$$P_{\text{В}} = P_{\text{я}} - \Delta P_{\text{ЭЛЯ}} - \Delta P_{\text{ЭЛВ}} - \Delta P_{\text{МЕХ.ДПТ}} ,$$

где $\Delta P_{\text{МЕХ.ДПТ}}$ – механические потери ДПТ, Вт.

Момент на валу электродвигателя, Н·м:

$$M_{\text{В}} = \frac{P_{\text{В}}}{\omega} .$$

По результатам опыта построить характеристики $\omega = f(I_{\text{я}})$, $\omega = f(M_{\text{В}})$.

4.2.4 Снятие искусственных электромеханических характеристик.

Искусственные характеристики при пониженном напряжении представляют собой зависимости частоты вращения двигателя от тока якоря $\omega = f(I)$ и от момента $\omega = f(M)$ на валу электродвигателя при напряжении якоря, не равном номинальному, отсутствии добавочных сопротивлений в якорной цепи и номинальном потоке возбуждения.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- подготовить стенд к проведению экспериментов аналогично пункту 4.2.2, если стенд не был готов к работе;

– включить выключатель «Сеть» ТП, подать разрешение на работу ТП (SA6) и установить напряжение $U_{\text{ТП}}$ по указанию преподавателя (опыт провести для трех значений напряжения $U_{\text{ТП}} < 200 \text{ В}$);

– разрешить работу ПЧ (SA1), выбрать необходимое направление вращения вала АД (SA2) и, задавая потенциометром RP1 модуля ПЧ момент нагрузки, снять несколько точек характеристики $\omega=f(I)$ в двигательном режиме;

- вернуть RP1 модуля ПЧ в исходное состояние;

- изменить направление задания момента ПЧ (SA2), снять характеристику $\omega=f(I)$ в генераторном режиме.

При проведении опыта следить за током якоря ДПТ. Он не должен превышать 1,5А;

Результаты измерений занести в таблицу 4.2.

После окончания работы вывести RP1 модуля ПЧ в крайнее левое положение, тумблер SA1 установить нижнее положение, SA2 – в среднее положение, остановить ДПТ, отключить выключатель «Сеть» ТП. Отключить автоматы QF2, QF1, подающие питание на модули стенда.

По результатам опытов произвести необходимые расчеты, построить электромеханические и механические характеристики, составить отчет по проделанной работе.

Таблица 4.2

n, об/мин						
I _я , А						
U _я , В						
i _в , А						
P _я , Вт						
ΔP _{эля} , Вт						
ΔP _{элв} , Т						
P _в , Вт						
M _в , Н·м						
ω, 1/с						

4.3 Контрольные вопросы

1. Какие способы регулирования частоты вращения ДПТ существуют?
2. Как осуществляется регулирование напряжения на выходе ТП?
3. В чем преимущества и недостатки фазового регулирования напряжения?
4. В каком режиме работает двигатель при питании от ТП в следующих случаях:
 - $U_{я}>0, n>0, M>0$; - $U_{я}>0, n=0, M>0$; - $U_{я}>0, n<0, M<0$.

5. Лабораторная работа № 5. Исследование разомкнутой системы "Преобразователь частоты – асинхронный двигатель"

Цель работы: исследование электромеханических и механических характеристик частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя.

5.1 Программа работы

5.1.1 Изучить методику снятия электромеханических характеристик АД при частотном регулировании.

5.1.2 Подготовить модули стенда для проведения экспериментов.

5.1.3 Снять естественную электромеханическую характеристику АД $\omega=f(I)$ ($f_{ПЧ} = 50 \text{ Гц}$) и несколько характеристик при заданных преподавателем частотах $f_{ПЧ} < 50 \text{ Гц}$, в режиме скалярного управления.

5.1.4 Исследовать электромеханические характеристики АД при компенсации скольжения двигателя.

5.1.5 Произвести необходимые расчеты, построить характеристики.

5.2 Методика снятия электромеханических характеристик при частотном управлении АД

5.2.1 Подготовка стенда к выполнению экспериментов.

На схеме (рисунок 5.1) двигатель постоянного тока (ДПТ) подключается к модулю тиристорного преобразователя (ТП). Якорная обмотка присоединяется к выходам тиристорного выпрямителя модуля ТП. Обмотка возбуждения – к выходам нерегулируемого источника напряжения $=220\text{В}$ модуля ТП.

Асинхронный электродвигатель подключается к преобразователю частоты ПЧ. На ПЧ подается напряжение $3 \times 380\text{В}$ от модуля питания (МП) автоматом QF2.

Перед началом работы при выключенных автоматах QF1 модуля МПС и QF2 модуля МП привести в исходное состояние коммутирующие элементы схемы:

– переключатель "Сеть" модуля ТП перевести в нижнее положение, тумблер SA2 – в положение «Момент», SA3 – в положение «Руч», SA4 – в положение «НМ», SA5 – в среднее положение, SA6 – в нижнее положение, потенциометр RP1 – в крайнее левое положение;

– переключатель SA1 модуля ПЧ перевести в нижнее положение, SA2 – в среднее положение «Стоп», SA3 – в положение «Скорость», потенциометр RP1 – в крайнее положение против часовой стрелки, установить перемычку между клеммами XS1 и XS2 модуля;

- собрать схему (рисунок 5.1).

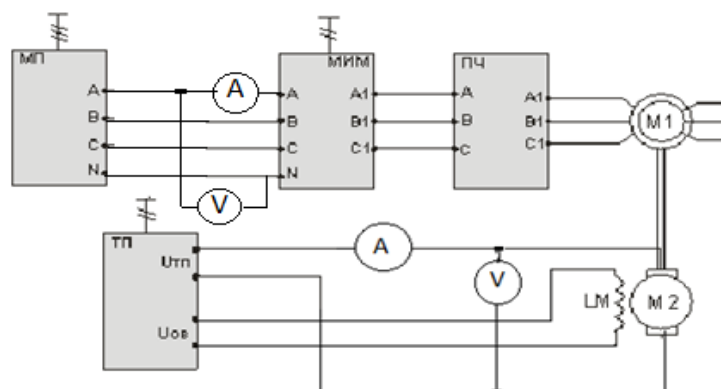


Рисунок 5.1 – Схема исследования характеристик системы ПЧ-АД

5.2.2 Снятие семейства электромеханических характеристик системы ПЧ-АД в разомкнутой по скорости системе управления.

Скалярное управление в системе ПЧ-АД осуществляется по закону $U/f = \text{const}$, при котором критический момент асинхронного двигателя при регулировании частоты вращения остается постоянным.

Для перевода преобразователя частоты в данный режим необходимо выполнить следующие действия:

- сбросить настройки на заводские и запрограммировать преобразователь на режим регулирования скорости (см. лаб. 1, лаб. 7);
- установить параметр 5.27 = OFF (режим компенсации скольжения отключен).

Опыт проводится в следующей последовательности:

- включением автоматического выключателя QF1 МПС подать напряжение на стенд;
- включением автоматического выключателя QF2 МП подать напряжение на преобразователь частоты;
- подать разрешение на работу ПЧ (SA3) и, выбрав направление вращения асинхронного электродвигателя переключателем SA1 модуля ПЧ, потенциометром RP1 плавно запустить АД, *запомнить направление вращения вала* и вернуть RP1 в исходное состояние, установить тумблер SA1 «Разрешение» ниже в положение;
- подать напряжение на модуль ТП выключателем «Сеть»;
- тумблером SA6 подать разрешение на работу ТП, тумблером SA5 задать любое направление вращения, потенциометром RP1 модуля ТП плавно запустить ДТП. Если вал вращается встречно АД, оставить тумблер в этом положении, если нет – изменить направление вращения тумблером SA5. Вывести RP1 в исходное состояние. Стенд готов к проведению экспериментов.

Далее необходимо:

- включить тумблер SA1 модуля ПЧ, задать потенциометром RP1 ПЧ частоту преобразователя 50 Гц, зафиксировать параметры точки холостого хода АД;

- задавая момент нагрузки потенциометром RP1 ТП, снять несколько точек электромеханической характеристики в двигательном режиме. Плавно снизить нагрузку до точки холостого хода;

- изменить полярность напряжения на ТП тумблером SA5 и, плавно задавая момент RP1 ТП, снять несколько точек в генераторном режиме. Зафиксировать ток перехода двигателя в генераторный режим.

Напряжение статора U_C , В можно смотреть на экране ПЧ (параметр 5.02), ток статора I_C , А – в параметре 4.01.

Повторить эксперимент для двух других частот, заданных преподавателем.

После окончания опытов вернуть все элементы управления стендом в исходное состояние. Произвести необходимые расчеты, заполнить таблицу, построить электромеханические и механические характеристики.

Таблица 5.1

U_C , В						
I_C , А						
$U_{я}$, В						
$I_{я}$, А						
n , об/мин						
$U_{ВХ}$, В						
$I_{ВХ}$, А						
$P_{ВХ}$, Вт						
S_C , ВА						
ω , 1/с						
$\Delta P_{элст}$, Вт						
$\Delta P_{эля}$, Вт						
$P_{я}$, Вт						
$P_{в}$, Вт						
P_c , Вт						
$\eta_{ад}$						
$\eta_{пч-ад}$						
$\cos(\varphi)_{ад}$						
$\cos(\varphi)_{пчад}$						
$M_{в}$, Н·м						

5.2.3 Расчетные формулы

Полная выходная мощность преобразователя частоты, ВА:

$$S = 3 \cdot U_{сф} \cdot I_C,$$

где $U_{сф}$ – фазное напряжение на выходе ПЧ, В.

Частота вращения электродвигателя, 1/с:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}.$$

Электрические потери в статорной обмотке электродвигателя, Вт:

$$\Delta P_{\text{элст}} = 3 \cdot I_{\text{с}}^2 \cdot r_{\text{с}},$$

где $r_{\text{с}}$ – активное сопротивление фазы статора, Ом.

Электрические потери в цепи якоря ДПТ, Вт:

$$\Delta P_{\text{эля}} = I_{\text{я}}^2 \cdot r_{\text{я}},$$

где $r_{\text{я}}$ – активное сопротивление якорной обмотки ДПТ, Ом.

Выходная мощность ТП, Вт:

$$P_{\text{я}} = U_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}.$$

Мощность на валу асинхронного электродвигателя, Вт:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{я}} + \Delta P_{\text{эля}} + \Delta P_{\text{мех.дпт}},$$

где $\Delta P_{\text{мех.дпт}}$ – механические потери ДПТ.

Активная выходная мощность ПЧ, Вт:

$$P_{\text{с}} = P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{мех.ад}} + \Delta P_{\text{элст}},$$

где $\Delta P_{\text{мех.ад}}$ – механические потери АДКЗ.

Коэффициент полезного действия электродвигателя:

$$\eta_{\text{ад}} = \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{с}}}.$$

$\cos \varphi$ асинхронного двигателя:

$$\cos \varphi_{\text{ад}} = \frac{P_{\text{с}}}{S}.$$

Коэффициент полезного действия системы:

$$\eta_{\text{пчад}} = \frac{P_{\text{с}}}{P_{\text{вх}}}.$$

$\cos \varphi$ системы:

$$\cos \varphi_{\text{пчад}} = \frac{P_{\text{вх}}}{3 \cdot U_{\text{вх}} \cdot I_{\text{вх}}}.$$

Момент на валу асинхронного двигателя, Н·м:

$$M_B = \frac{P_B}{\omega}.$$

5.2.4 Снятие электромеханических характеристик системы ПЧ-АД при включенном режиме компенсации скольжения.

Компенсация скольжения представляет собой способ поддержания частоты вращения двигателя при изменении нагрузки за счет повышения частоты питающего двигателя напряжения с применением внутренней положительной обратной связи по току статора.

Для включения режима компенсации скольжения необходимо:

- установить в параметре 5.27 значение ON;
- установить в параметре 6.01 торможение на выбеге (COAST).

После включения режима компенсации скольжения необходимо снять электромеханические характеристики системы ПЧ-АД по методике, изложенной выше, данные опыта занести в аналогичную таблицу. Произвести необходимые расчеты, построить механические характеристики.

5.3 Контрольные вопросы

1. Какие способы регулировки частоты вращения асинхронных электродвигателей вы знаете?
2. С какой целью при регулировании частоты вращения изменяются одновременно частота и напряжение на выходе преобразователя?
3. Укажите достоинства и недостатки применения частотного регулирования?
4. Объясните работу преобразователя в тормозном режиме.

6. Лабораторная работа № 6. Исследование регулировочных характеристик системы ПЧ-АД, работа привода в режиме компенсации момента.

Цель работы: исследование частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

6.1 Программа работы

6.1.1 Изучить методику снятия регулировочных характеристик частотно-регулируемого АД.

6.1.2 Подготовить модули стенда для проведения лабораторной работы согласно изложенной методике.

6.1.3 Снять регулировочные характеристики f , U_C , P , $S = f(U_3)$, $M_B = const.$ частотах $f_{ПЧ} < 50$ Гц в режиме скалярного управления.

6.1.4 Исследовать электромеханические характеристики АД при компенсации момента двигателя.

6.2 Исследование регулировочных характеристик

6.2.1 Порядок проведения работы

Регулировочные характеристики представляют собой зависимости выходной частоты, напряжения, мощности от сигнала задания при постоянном моменте на валу двигателя: $f, U_C, P, S = f(U_3), M_B = \text{const}$.

Перед началом работы при выключенных автоматах QF1 модуля МПС и QF2 модуля МП собрать схему (рисунок 6.1), привести в исходное состояние коммутирующие элементы стенда:

- тумблером SA2 перевести ТП в режим регулирования момента; тумблер SA3 установить в положение «Руч», SA4 в положение НМ, SA6 «Разрешение» – в нижнее положение, SA5 – в среднее положение «Стоп»;

- переключатель SA1 «Разрешение» модуля ПЧ перевести в нижнее положение, SA2 – в среднее в положение «Стоп», SA3 – в положение «Скорость», потенциометр RP1 – в крайнее положение против часовой стрелки, установить перемычку между клеммами XS1 и XS2 модуля;

- включить автомат QF1 и выключатель «Сеть» ТП;

- тумблер SA6 «Разрешение» ТП перевести в верхнее положение, переключателем SA5 выбрать направление вращения вала ДПТ «Вперед» или «Назад»;

- потенциометром RP1 установить незначительное напряжение на двигателе, запомнить направление вращения ДПТ и вывести RP1 в исходное состояние, выключить SA6, отключить питание ТП.

Далее:

- включить автомат QF2 и перевести ПЧ в режим регулирования скорости (см. лаб. № 1);

- установить параметр 5.27 – OFF (режим компенсации скольжения отключен);

- в параметре 5.13 установить значение – ON;

- выбрать направление вращения вала АД переключателем SA2 (противоположно направлению вращения вала ДПТ), установить выходную частоту ПЧ потенциометром RP1 – 60 Гц (параметр 0.02=60).

Для снятия характеристик необходимо подать напряжение на модуль ТП выключателем «Сеть», включить тумблер SA6.

По указанию преподавателя задать нагрузку в пределах 0...1А потенциометром RP1 ТП и, снижая выходную частоту ПЧ при постоянном токе нагрузки, фиксировать необходимые параметры (5 – 6 точек).

Сигнал задания (U_3) фиксировать в параметре – 7.01 его величина отображается в процентах от максимального сигнала (10В).

Выходная частота отображается в параметре 5.01. Напряжение статора U_C, B – в параметре 5.02, ток статора I_C, A – в параметре 4.01.

Результаты опыта занести в таблицу 6.1.

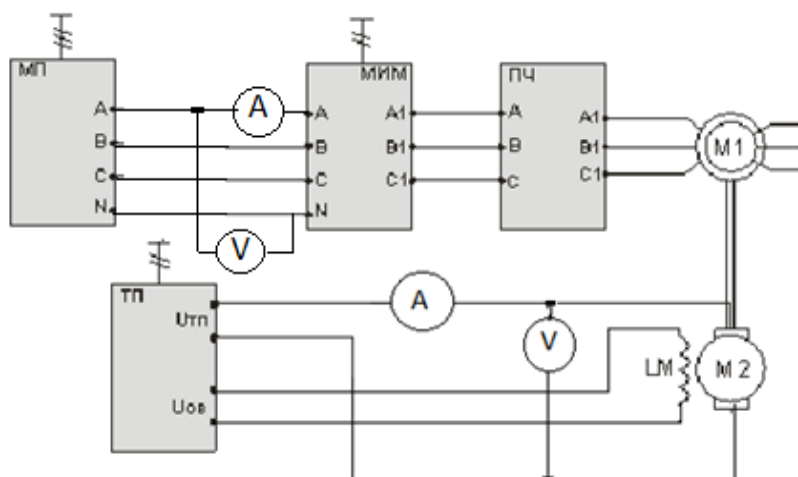


Рисунок 6.1 – Схема исследования регулировочных характеристик ПЧ-АД

Таблица 6.1

$I_{я} =$						
$U_3, В$						
$f, Гц$						
$U_C, В$						
$I_C, А$						
$U_я, В$						
$n, об/мин$						
$U_{ВХ}, В$						
$I_{ВХ}, А$						
$P_{ВХ}, Вт$						
$S_C, ВА$						
$\omega, 1/с$						
$\Delta P_{эл}, Вт$						
$\Delta P_я, Вт$						
$P_я, Вт$						
$P_B, Вт$						
$P_C, Вт$						
$\eta_{АД}$						
$\eta_{ПЧ-АД}$						
$\cos(\varphi)_{АД}$						
$\cos(\varphi)_{ПЧАД}$						
$M_B, Н \cdot м$						

6.2.2 Расчетные формулы.

Полная выходная мощность преобразователя частоты, ВА:

$$S = 3 \cdot U_{\text{сф}} \cdot I_{\text{с}},$$

где $U_{\text{сф}}$ – фазное напряжение на выходе ПЧ, В.

Частота вращения электродвигателя, 1/с:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}.$$

Электрические потери в статорной обмотке электродвигателя, Вт:

$$\Delta P_{\text{элст}} = 3 \cdot I_{\text{с}}^2 \cdot r_{\text{с}},$$

где $r_{\text{с}}$ – активное сопротивление фазы статора, Ом.

Электрические потери в цепи якоря ДПТ, Вт:

$$\Delta P_{\text{эля}} = I_{\text{я}}^2 \cdot r_{\text{я}},$$

где $r_{\text{я}}$ – активное сопротивление якорной обмотки ДПТ, Ом.

Выходная мощность ТП, Вт:

$$P_{\text{я}} = U_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}.$$

Мощность на валу асинхронного электродвигателя, Вт:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{я}} + \Delta P_{\text{эля}} + \Delta P_{\text{мех.дпт}},$$

где $\Delta P_{\text{мех.дпт}}$ – механические потери ДПТ (Приложение В).

Активная выходная мощность ПЧ, Вт

$$P_{\text{с}} = P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{мех.ад}} + \Delta P_{\text{элст}},$$

где $\Delta P_{\text{мех.ад}}$ – механические потери АДКЗ (Приложение В).

Коэффициент полезного действия электродвигателя:

$$\eta_{\text{ад}} = \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{с}}}.$$

$\cos\varphi$ асинхронного двигателя:

$$\cos\varphi_{AD} = \frac{P_C}{S}.$$

Коэффициент полезного действия системы:

$$\eta_{ПЧАД} = \frac{P_C}{P_{ВХ}}.$$

$\cos\varphi$ системы:

$$\cos\varphi_{ПЧАД} = \frac{P_{ВХ}}{3 \cdot U_{ВХ} \cdot I_{ВХ}}.$$

Момент на валу асинхронного двигателя, Н·м:

$$M_B = \frac{P_B}{\omega}.$$

6.3 Механические характеристики системы ПЧ-АД при включенном режиме компенсации момента

Режим компенсации момента представляет собой режим регулирования напряжения статора в зависимости от нагрузки. Данный режим называется также режимом оптимизации потока или энергосберегающим режимом. На холостом ходу электродвигателя ПЧ снижает напряжение статора, благодаря чему падают жесткость и критический момент двигателя. Одновременно снижается ток статора и I^2t потери в статоре.

Для включения данного режима необходимо:

- выключить режим компенсации скольжения (5.27=OFF);
- установить в параметре 5.13 значение ON.

После включения режима компенсации момента необходимо снять механические характеристики системы по схеме (рисунок 6.1), а данные опыта занести в таблицу, аналогичную таблице 6.1.

По результатам опытов построить следующие характеристики:

- $\omega = f(I_C)$;
- $\omega = f(M_B)$;
- $\eta_{AD}, \eta_{ПЧ-AD} = f(M_B)$;
- $\cos(\varphi)_{AD}, \cos(\varphi)_{ПЧ-AD} = f(M_B)$.

Указанные характеристики, для удобства анализа, расположить на одной и той же координатной сетке.

6.4 Контрольные вопросы

1. Объясните физическую сущность режима компенсации момента в системе ПЧ – АД.
2. С какой целью при регулировании частоты вращения изменяются одновременно частота и напряжение на выходе преобразователя?
3. Какое влияние оказывает снижение частоты на индуктивное сопротивление обмоток АД?
4. Изобразите механические характеристики частотно-регулируемого электропривода с постоянной перегрузочной способностью во всем диапазоне регулирования.

6.5 Содержание отчета

1. Цель и программа работы.
2. Электрическая схема исследования ПЧ – АД.
3. Регулировочные характеристики.
4. Выводы.

7. Лабораторная работа № 7. Исследование преобразователя частоты OMRON F7

Цель работы: приобретение навыков работы с преобразователем частоты OMRON F7. Изучение системы параметров ПЧ, порядка программирования и режимов совместной работы с электродвигателем.

7.1 Основные технические характеристики и программирование преобразователя частоты OMRON F7

Номинальная мощность установленного на стенде преобразователя – 0,75 кВт, номинальный ток – 2,1 А, диапазон выходных частот: 0,1...400 Гц, количество фаз – 3.

На лабораторном стенде «Основы электрических машин и электропривода» ПЧ встроен в модуль, содержащий элементы подключения и управления. Внешний вид модуля «Преобразователь частоты» представлен на рисунке 7.1.

Модуль преобразователя частоты содержит:

- панель управления преобразователем;
- клеммы А, В, С подачи трехфазного напряжения на преобразователь частоты;
- клеммы А1, В1, С1 для подключения асинхронного электродвигателя;
- тумблер задания направления вращения SA1. Одновременно подает сигнал разрешения на работу преобразователя;
- тумблер SA2 – выбор режима работы (Скорость/Момент);

- потенциометр RP1 задания скорости/момента. Служит для плавного задания сигнала управления;
- разъем X1 для подсоединения обратной связи по скорости с силового модуля.

Назначение светодиодных индикаторов ПЧ:

- FWD – прямое направление вращения двигателя;
- REW – обратное направление вращения двигателя;
- SEQ – включено управление приводом с внешних входов;
- REF – включено управление приводом с цифровой панели;
- ALARM – произошла ошибка.

Программирование преобразователя частоты производится с кнопочной панели.

Внешний вид цифровой панели управления преобразователя представлен на рисунке 7.2. Справа от панели дается описание индикаторов состояния и режимов привода.

Панель управления оснащена экраном, на котором отображаются текущие значения вызываемых параметров, значения вызываемых пользователем величин, сообщения преобразователя о текущем состоянии (коды неисправностей).



Рисунок 7.1– Внешний вид модуля «Преобразователь частоты»

Меню программируемых параметров разделено на несколько блоков:

- DRIVE (привод) – в данном режиме возможна работа привода и управление электродвигателем;
- QUICK – быстрое программирование или упрощенное меню программирования, содержащее наиболее часто используемые параметры;
- ADV – расширенное программирование, при котором возможен контроль и изменение всех параметров;
- VERIFY – сравнение параметров с заводскими установками;
- A.TUNE – автоподстройка путем пробного пуска электродвигателя.

На кнопочной панели расположены элементы управления и индикации, назначение которых поясняется ниже (таблица 7.1).

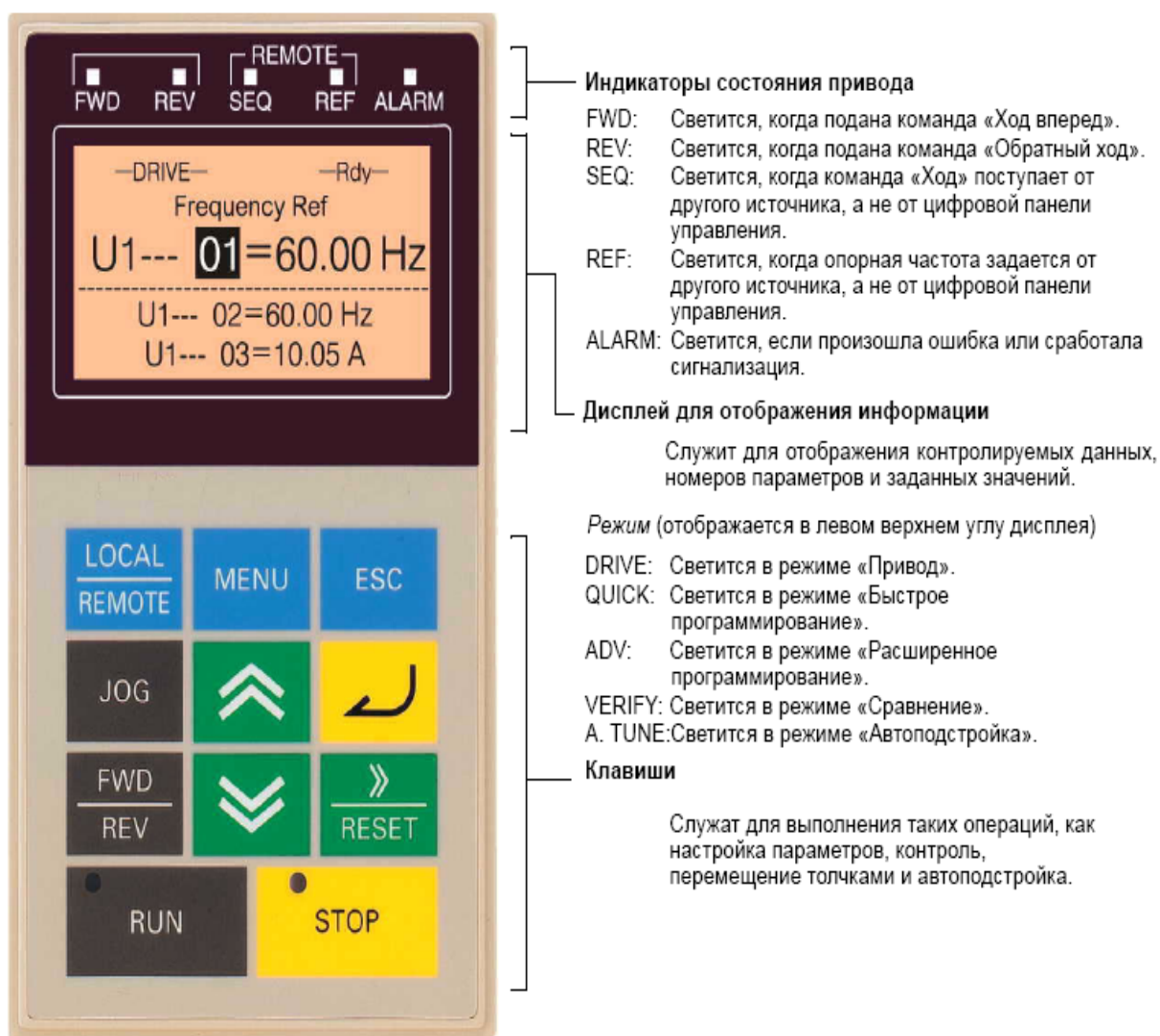


Рисунок 7.2 – Цифровая панель преобразователя

Преобразователь частоты имеет возможность получать сигналы управления от кнопочной панели или с внешних элементов управления.

Сигналы управления разделяются на логические сигналы изменения состояния привода, а также на аналоговые сигналы задания частоты, момента и т.д.

Программируемые параметры преобразователя разделены на тематические группы и имеют определенный порядок нумерации. Каждый параметр имеет следующий порядок адресации, например **b1-01**. Здесь b1 – старший разряд, отвечающий за группу параметров, объединенных по определенному критерию, 01 – конкретный параметр, входящий в данную группу.

Таблица 7.1– Назначение элементов управления и индикации

Клавиша	Название	Функция
	Клавиша LOCAL/REMOTE (МЕСТНОЕ/ДИСТАНЦИОННОЕ)	Переключение между управлением с помощью цифровой панели (LOCAL) и управлением через вход цепи управления (REMOTE). Эту клавишу можно разблокировать или заблокировать установкой параметра o2-01.
	Клавиша MENU (МЕНЮ)	Выбор режимов.
	Клавиша ESC (ОТМЕНА)	Возврат в состояние, предшествующее нажатию клавиши DATA/ENTER (ДААННЫЕ/ВВОД)
	Клавиша JOG (ТОЛЧКОВЫЙ ХОД)	Иницирует перемещение толчками, когда инвертор управляется с помощью цифровой панели.
	Клавиша FWD/REV (ВПЕРЕД/НАЗАД)	Выбор направления вращения двигателя, когда инвертор управляется с помощью цифровой панели.
	Клавиша Shift/RESET (Сдвиг/СБРОС)	Выбор разряда в режиме программирования параметров. Также действует как клавиша «Сброс» в случае возникновения ошибки.
	Клавиша Increment (Увеличение)	Выбор пунктов меню, установка номеров параметров и пошаговое увеличение задаваемых значений. Используется для перехода к следующему пункту или данным.
	Клавиша Decrement (Уменьшение)	Выбор пунктов меню, установка номеров параметров и пошаговое уменьшение задаваемых значений. Используется для перехода к предыдущему пункту или данным.
	Клавиша DATA/ENTER (ДААННЫЕ/ВВОД)	Активизация выбранного пункта меню, параметра или задаваемого значения. Также используется для перехода от одного экрана к другому.
	Клавиша RUN (ХОД)	Запуск работы инвертора, когда он управляется с помощью цифровой панели управления.
	Клавиша STOP (СТОП)	Прекращение работы инвертора. Эту клавишу можно разблокировать или заблокировать при использовании входа внешнего управления путем установки параметра o2-02.

Навигация по параметрам осуществляется следующим образом:

- а) последовательным нажатием клавиши «MENU» выбирается необходимый раздел меню программируемых параметров;
- б) подтверждение выбранного меню осуществляется нажатием кнопки «ВВОД»;
- в) клавишами «увеличение» и «уменьшение» осуществляется навигация по меню путем изменения старшего разряда параметров;
- г) при выборе необходимой группы параметров перейти на младший разряд нажатием кнопки и выбрать необходимый параметр;
- д) подтвердить выбор параметра нажатием кнопки «ВВОД».

Для выхода из параметра после установки необходимого значения нажать кнопку «ВВОД», при этом происходит запоминание параметра и выход в меню.

Для включения преобразователя частоты необходимо при выключенных автоматических выключателях QF1, QF2 модулей питания и питания стенда соединить клеммы А, В, С преобразователя частоты с клеммами А, В, С модуля питания, а клеммы А1, В1, С1 преобразователя частоты соединить со статорной цепью асинхронного электродвигателя. Электродвигатель постоянного тока подключить к модулю тиристорного выпрямителя (рисунок 7.3).

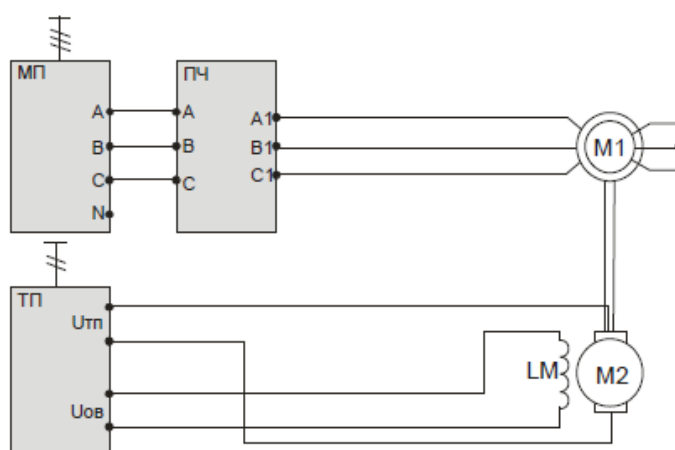


Рисунок 7.3 – Схема исследования электропривода ПЧ-АД

7.2 Программирование преобразователя для работы в режиме регулирования скорости

Перед подачей питания привести элементы управления преобразователем в исходное состояние:

- потенциометр RP1 необходимо поставить на минимум снимаемого напряжения;
- переключатель SA1 – в среднее положение;
- переключатель SA2 – в положение «Скорость».

При первом включении электропривода и перед началом лабораторных работ рекомендуется установить заводские значения параметров для того, чтобы убрать настройки, запрограммированные предыдущим пользователем.

Режим управления электродвигателем по скорости в разомкнутой системе подразумевает управление двигателем по закону $U/f = \text{const}$. Этот режим работы преобразователя включается после сброса параметров на заводские настройки и установки отдельных параметров.

Установка заводских настроек осуществляется установкой в параметре a1-03 значения 2220.

После сброса настроек необходимо установить несколько параметров в меню:

- a1-02 – 0 (выбор закона управления $U/f = \text{const}$);
- b1-01 – 1 (источник сигнала задания – внешний потенциометр RP1);
- b1-02 – 1 (источник сигнала управления – лицевая панель);
- e1-01 – 380 В (входное напряжение ПЧ);
- e1-05 – 380 В (максимальное выходное напряжение ПЧ);
- H1-03 – F (отключение дискретного входа S5, который необходим в режиме регулирования момента).

По окончании ввода этих данных произвести автоподстройку привода. Для этого в меню «A.TUNE» установить следующие параметры:

- t1-01 – 2 (выбирается автоподстройка без вращения);
- t1-02 – номинальную мощность двигателя (кВт);
- t1-04 – номинальный ток статора (А).

После установки последнего значения нажать кнопку .

Преобразователь выдаст сообщение о готовности проведения автоподстройки.

Необходимо подтвердить намерение совершить автоподстройку нажатием «RUN».

После окончания процедуры выдается сообщение о ее завершении. При неправильном завершении процедуры включится сигнал «ALARM». В этом случае необходимо проверить правильность введенных параметров и повторить процедуру.

Затем выйти в меню привода «Drive» и вывести на индикацию клавишами «вверх», «вниз» выходную частоту преобразователя параметр - U1-02.

При включенном светодиоде REF – включено задание частоты с потенциометра RP1. При выключенном светодиоде REF, частоту можно задать в параметре U1-01.

Для опробования управления ПЧ с внешних элементов (лицевой панели модуля ПЧ), необходимо установить в параметрах b1-01 (инициализация источника сигнала задания) и b1-02 (инициализация источника сигнала управления) значение 1.

Выйдя в меню Drive, запустить привод включением переключателя SA1 в положение «Вперед» или «Назад», задать выходную частоту преобразователя потенциометром RP1. Опробовать реверс двигателя переключением SA1, после чего остановить двигатель.

Для опробования управления ПЧ с кнопочной панели преобразователя необходимо установить в параметрах b1-01 (инициализация источника сигнала задания) и b1-02 (инициализация источника сигнала управления) значение 0. Выйдя в меню Drive, запустить привод нажатием кнопки Run, задать выходную частоту преобразователя (параметр U1-01).

Опробовать реверс двигателя (кнопка FWD/REW), после чего остановить двигатель (Stop).

Следует обратить внимание, что в режиме управления с кнопочной панели преобразователь не реагирует на переключение SA1, а также на потенциометр RP1.

Источники сигнала задания и управления можно комбинировать. Например, задав b1-01=1, b1-02=0, можно задавать выходную частоту потенциометром RP1, а менять состояние привода посредством кнопочной панели ПЧ.

7.3 Программирование преобразователя для работы в режиме регулирования момента

При регулировании по моменту электродвигатель работает на вертикальной механической характеристике, обеспечивая режим источника регулируемого момента.

Данный режим доступен только в замкнутой по скорости системе электропривода, поэтому необходимо настроить преобразователь на режим векторного управления в замкнутой системе, а затем запрограммировать режим регулирования момента.

При выключенном питании стенда необходимо завести в преобразователь обратную связь с цифрового датчика скорости. Для этого соединить разъем XR1 модуля преобразователя частоты с разъемом XR1 силового модуля специальным кабелем.

Задать работу привода в замкнутой системе установкой в параметре a1-02 значения 3.


Выбрать остановку электродвигателя на выбеге установкой в параметре b1-03 значения 1.

Для предотвращения срабатывания защиты по превышению частоты вращения двигателя установить параметр F1-03=3.

Произвести автоподстройку электропривода. Для этого в меню «A.TUNE» установить следующие параметры:

- t1-01 – 0 (выбирается автоподстройка с вращением);
- t1-02 – номинальную мощность двигателя (в кВт);
- t1-03 – номинальное напряжение двигателя;
- t1-04 – номинальный ток статора;
- t1-05 – номинальную частоту (Гц);
- t1-06 – число полюсов двигателя;

- t1-07 – номинальную скорость двигателя;
- t1-08 – число импульсов на оборот цифрового датчика скорости (500).

После установки последнего значения нажать клавишу . Преобразователь выдаст сообщение о готовности проведения автоподстройки. Необходимо подтвердить намерение совершить автоподстройку нажатием «RUN». Во время автоподстройки привод должен проверить знак обратной связи по скорости. Для этого происходит разгон двигателя. При успешном проведении автоподстройки выдается соответствующее сообщение. При автоподстройке возможно, что обратная связь по скорости окажется положительной. В этом случае привод выдает сообщение об ошибке «PG DIRECTION» и отключается. Следует поменять в параметре F1-05 значение 0 на 1 и повторить процедуру автоподстройки.

После проведения автоподстройки настроить параметры ПИ-регулятора скорости установкой параметров:

- C5 – 01 значение 5 (П-канал регулятора);
- C5 – 02 значение 0,1 (И-канал регулятора).

Далее установить режим регулирования по моменту:

- d5-01 = 1;
- d5-03 - 2 (максимальная частота);
- d5-04 – 120% (ограничение скорости в процентах от номинальной частоты двигателя);
- d5-05 – 120% (начальное задание скорости от максимальной);
- H1-03 – 78 (установка цифрового входа S5 на выбор знака момента);
- H3-08 = 0 (установка аналогового входа 2);
- H3-09 – 13 (аналоговый вход 2, как источник задания момента).
- H3-10 – 200% (коэффициент усиления по входу 2).

После установки данных параметров тумблер SA2 переключить в положение «Момент».

Проверить работу в режиме регулирования момента:

- запустить привод;
- задав вращающий момент потенциометром RP1, наблюдать разгон электродвигателя до максимальной скорости. Если этого не происходит, проверить настройки, повторить опыт.

Кнопочная панель преобразователя имеет встроенную энергонезависимую память, в которую можно записать любую конфигурацию настроек электропривода.

Параметр o3-01 позволяет записывать и считывать данные преобразователя.

Для записи параметров необходимо:

- установить параметр o3-02 = 1 – разрешение записи параметров;
- o3-01=1: запись параметров привода в кнопочную панель;
- o3-01=2: запись параметров из панели в привод;
- o3-01=3: проверка данных.

По умолчанию стенд поставляется с панелью, в которой записан режим регулирования момента. Работа с картой памяти ПЧ облегчает работу студентов и уменьшает время проведения опытов, так как при использовании памяти не требуется ввод всех параметров для перевода ПЧ в режим регулирования момента.

Для считывания параметров данного режима необходимо:

- перевести ПЧ в режим Flux Vector (a1-02=3);
- перейти в меню o3 и установить параметр o3-02=0;
- произвести считывание данных с кнопочной панели: o3-01=2;
- после считывания данных произвести автоподстройку по процедуре, описанной выше.

7.4 Содержание отчета

1. Цель и программа работы.
2. Электрическая схема исследования ПЧ.
3. Структурная схема перевода ПЧ в режим регулирования скорости.
4. Структурная схема перевода ПЧ в режим регулирования момента.
5. Выводы.

7.5 Контрольные вопросы

1. Каким образом реализуется работа ПЧ в режиме регулирования скорости вращения?
2. С какой целью при регулировании частоты вращения изменяются одновременно частота и напряжение на выходе преобразователя?
3. Как влияет увеличение частоты ШИМ на электродвигатель?
4. Каким образом реализуется работа ПЧ в режиме регулирования момента?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Паспортные и расчетные данные электрических машин

Паспортные данные машины постоянного тока

Таблица 1

Наименование параметра	Значение
Тип	ПЛ-072
Мощность, Вт	180
Номинальное напряжение питания обмотки якоря, В	220
Номинальное напряжение питания обмотки возбуждения, В	200
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Номинальный ток якоря, А	1,3
к.п.д.	0,63
Масса, кг	7,65
Сопротивление обмотки якоря $R_{я,20^{\circ}\text{C}}$ (расчетное значение), Ом	17,5
Сопротивление обмотки возбуждения $R_{об,20^{\circ}\text{C}}$ (расчет. значение), Ом	820
Механические потери, $P_{мех ДПТ}$, Вт	15

Паспортные и расчетные данные асинхронного двигателя с фазным/короткозамкнутым ротором

Таблица 2

Наименование параметра	Значение
Тип	AIS71BY3/AIP63B4Y3
Мощность, Вт	370
Номинальное напряжение питания обмотки статора, Δ/Y , В	220/380
Номинальная частота вращения, об/мин	1370/1320
Номинальный ток фазы статора, А	1,18/1,37
$\cos \varphi$	0,7
Номинальный момент, Н·м	1,4
Активное сопротивление статора $r_{1,27^{\circ}\text{C}}$, Ом	19
Активное сопротивление ротора $r_{2,27^{\circ}\text{C}}$, Ом	25
Механические потери, $P_{мех АД}$, Вт	11

Примечание: Механические характеристики, как естественные, так и искусственные, желательно снимать при пониженном напряжении, а затем момент пересчитывать по формуле

$$U_{\text{пониж, л}}=220 \text{ В, } M=M_{\text{опыт}} \cdot (380/220)^2 \approx M_{\text{опыт}} \cdot 3.$$

Паспортные данные импульсного датчика скорости

Таблица 3

Наименование параметра	Значение
Тип	TRD-S500VD
Напряжение питания, В	5
Разрешающая способность, имп/об	500

Список литературы

1. Онищенко Г.Б. Теория электропривода: Учебник / Г.Б. Онищенко. – М.: Инфра-М, 2018. – 384 с.
2. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Регулируемый асинхронный электропривод: Учебное пособие. – 2-е изд. стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 464 с.
3. Алексеев С.Б. Силовые преобразовательные устройства. Преобразователи частоты в электроприводе. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика. – Алматы: АУЭС, 2018. – 41с.
4. Электрический привод. Техническое описание, 2021. www.Labstend.ru

Содержание

	Введение	3
1	Лабораторная работа № 1. Исследование преобразователя частоты Unidrive P1401	5
2	Лабораторная работа № 2. Исследование электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения	14
3	Лабораторная работа № 3. Исследование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором	22
4	Лабораторная работа № 4. Исследование системы «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока»	26
5	Лабораторная работа № 5. Исследование разомкнутой системы "Преобразователь частоты – асинхронный двигатель"	31
6	Лабораторная работа № 6. Исследование регулировочных характеристик системы ПЧ-АД, работа привода в режиме компенсации момента	35
7	Лабораторная работа № 7. Исследование преобразователя частоты OMRON F7	40
	Список литературы	51

Дополнительный план на 2022 г., поз. 28.

Шыныбай Жандос Сапарғалиұлы
Алексеев Сергей Борисович
Чныбаева Данна Максуткановна

ЭЛЕКТРОПРИВОД

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов образовательной программы 6В07101 – Электроэнергетика

Редактор
Специалист по стандартизации

Жанабаева Е.Б.
Ануарбек Ж.А.

Подписано в печать _____
Тираж 50 экз.
Объем 3,0 уч.-из. л.

Формат 60×84 1/16
Бумага типографская № 1
Заказ _____ цена 1500 тг.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1