

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ
Директор
/ С.А. Махновский
28.06.2023г

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА**

МДК.01.04 Электрическое и электромеханическое оборудование

для обучающихся специальности

**13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования (по отраслям)**

Магнитогорск, 2023

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Монтажа и эксплуатации электрооборудования»
Председатель Л.А. Закирова
Протокол № 11 от 21.06.2023г.

Методической комиссией МпК
Протокол №6 от 28.06.2023г

Разработчик:

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж
С.Б.Меняшева

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины / профессионального модуля «Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению вида деятельности Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	6
Лабораторное занятие № 19	6
Лабораторное занятие № 20	9
Лабораторное занятие № 21	15
Лабораторное занятие № 22	18
Лабораторное занятие № 23	24
Лабораторное занятие № 24	28
Лабораторное занятие № 25	33
Практическое занятие № 35	38
Практическое занятие № 36	42
Практическое занятие № 37	44
Практическое занятие № 38	46
Практическое занятие № 39	48
Практическое занятие № 40	50
Практическое занятие № 41	51
Практическое занятие № 42	53
Практическое занятие № 43	56
Практическое занятие № 44	58
Лабораторное занятие № 26	60
Лабораторное занятие № 27	63
Лабораторное занятие № 28	68
Практическое занятие № 45	71
Практическое занятие № 46	73

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой ПМ.01 Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования МДК01.04 Электрическое и электромеханическое оборудование, предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК1.1 Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования

ПК1.2 Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования

ПК1.3 Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования

А также формированию **общих компетенций:**

- ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
- ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
- ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.
- ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

- ОК07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
- ОК09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Выполнение обучающимися практических и лабораторных работ ПМ.01 Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования МДК01.04 Электрическое и электромеханическое оборудование направлено на:

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;
- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1 Электрический привод Лабораторное занятие № 19

Исследование электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения

Цель: исследование характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения, построение энергетических диаграмм электродвигателя.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;
- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение: инструкции по выполнению работы, лабораторный стенд "Электропривод" ЭП-СК

Задание:

1. Повторить теоретический материал по теме «Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения».
2. Собрать схему для измерения параметров.
3. Рассчитать параметры двигателя.
4. Построить механические характеристики двигателя

Порядок выполнения работы:

Собрать схему для исследования двигателя независимого возбуждения. Схема для исследования систем приведена на рисунке 1.1.

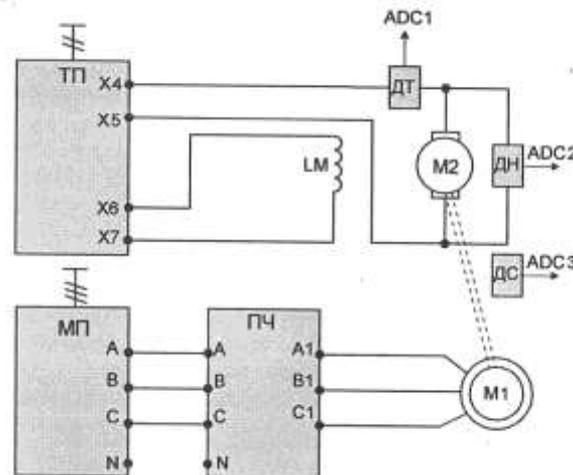


Рисунок 1.1. Схема для исследования двигателя независимого возбуждения

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести модули в исходное состояние:

- перевести модуль тиристорного преобразователя в режим регулирования скорости, для этого установить переключатель SA2 в положение «Скорость», SA3 - в положение «Руч», SA4 - в положение «НМ», SA6 - в нижнее положение;

- перевести преобразователь частоты в режим регулирования момента. Настроить параметры замкнутого контура регулирования скорости, затем: Выбрать меню 1 «Меню

ПЧ», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Управление моментом», сконфигурировать следующие параметры:

- *tss* - переключение скорость/момент (*LI3* - переключение по сигналу тумблера скорость/момент на лицевой панели модуля);

- *trl* - источник задания момента {*АН* - задание с потенциометра на лицевой панели модуля);

- *tsd* - переключение знака момент {*LI2* - переключение по сигналу тумблера назад на лицевой панели модуля);

- *trt* - коэффициент задания момента (60%);

- *tst* - тип остановки в режиме управления моментом (выбег);

- *dbp* - зона нечувствительности + (60 Гц);

- *dbn* - зона нечувствительности - (60 Гц);

- *tLIG* - ограничение момента в генераторном режиме (100%).

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.8 «Управление при неисправностях»| в нем выбрать группу параметров «Неисправность датчика», сконфигурировать следующие параметры:

- *Sdd* - контроль вращения в обратном направлении (Нет).

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.8 «Управление при неисправностях», в нем выбрать группу параметров «Сброс неисправности», сконфигурировать следующие параметры:

- *InH* - назначение сброса неисправностей (ZJ4).

В работе исследуются свойства двигателя постоянного тока, каталожные данные которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 Паспортные данные машины постоянного тока

Наименование параметра	Значение
Тип	ПЛЮ72
Мощность, кВт	0,18
Номинальное напряжение питания обмотки якоря, В	220
Номинальный ток якоря, А	1,3
Номинальное напряжение обмотки возбуждения, В	220
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Номинальное сопротивление якоря, Ом	18,5
Номинальное сопротивление параллельной обмотки возбуждения, Ом	820
Сопротивление обмотки якоря $R_{20^{\circ}\text{C}}$ (расчетное значение), Ом	6,4
Сопротивление обмотки возбуждения $R_{0\text{В.}20^{\circ}\text{C}}$ (расчет, значение), Ом	222
Механические потери, $\Delta P_{\text{мех.дпт}}$, Вт	15

Для проведения данной работы на персональном компьютере должно запущено программное обеспечение *DeltaProfi* .

Двигатель постоянного тока (ДПТ) подключается к модулю тиристорного преобразователя (ТП): якорная обмотка присоединяется к выходам якорного преобразователя модуля ТП через датчики тока и напряжения силового модуля, обмотка возбуждения присоединяется к выходам нерегулируемого источника напряжения $U_{\text{ов}}$.

Выходы датчиков тока и напряжения, а также ПЧН силового модуля подключаются к входам ADC1, ADC2 , ADC3 модуля ввода/вывода.

Асинхронный электродвигатель, выполняющий роль нагрузочной машины, подключается к преобразователю частоты ПЧ. Преобразователь частоты запитывается напряжением 3x380В от модуля питания.

Естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения представляет собой зависимость частоты вращения от момента нагрузки при номинальных значениях напряжения якоря, тока возбуждения и отсутствии дополнительного сопротивления в якорной цепи: $n = f(M_H)$ при $U_H = \text{const}$, $i_B = \text{const}$ и $R_{\text{я}} = 0$.

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

Опыт проводится в следующей последовательности:

-включить автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда и контактор KM1 модуля питания;

-включением кнопки «Сеть» подать напряжение на ТП;

- подать разрешение на работу ТП (тумблер SA6) и установить напряжение на якоре 200В;

- выбрав необходимое направление вращения асинхронного двигателя, задавать потенциометром RPI модуля ПЧ момент нагрузки. При снятии опыта следить за током якоря ДПТ. Он не должен превышать номинального значения;

- в процессе проведения опыта необходимо снять точку холостого хода и несколько точек двигательного режима. Данные опыта занести в таблице 2.

Таблица 2

n, об/мин										
$I_{\text{я}}$, А										
$U_{\text{я}}$, В										
$P_{\text{я}}$, Вт										
$\Delta P_{\text{Эля}}$, Вт										
$\Delta P_{\text{Мех}}$, Вт										
$P_{\text{в}}$, Вт										
η										
ω , 1/с										
$M_{\text{в}}$, Нм										

После проведения опыта установить все переключатели модулей в исходное состояние, выключить контактор KM1 модуля питания и автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда.

Расчетные данные.

Мощность, подводимая к двигателю, Вт:

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

Потери в якорной цепи ДПТ, Вт:

$$\Delta P_{\text{Эля}} = I_{\text{я}}^2 \cdot R_{\text{я}}$$

где $R_{\text{я}}$ –сопротивление якорной цепи, см. таблицу 1, Ом:

Мощность на валу двигателя:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{я}} - \Delta P_{\text{Эля}} - \Delta P_{\text{мех.дпт}}$$

где - $\Delta P_{\text{мех.дпт}}$ - механические потери двигателя, см. таблицу 1, Вт:

Коэффициент полезного действия для двигательного режима:

$$\eta = P_{\text{в}} / P_{\text{я}}$$

Частота вращения двигателя, 1/с:

$$\omega = \pi \cdot n/30$$

где n - скорость вращения электродвигателя, об/мин;

Момент на валу двигателя, Нм:

$$M_B = P_B / \omega$$

По данным таблицы 2 построить механическую, электромеханическую характеристики, а также зависимость $\eta = f(M_B)$, $\eta = f(I_A)$

Контрольные вопросы:

1. Как изменить направление вращения ДПТ?
2. Почему у ДПТ возрастает ток якоря при увеличении нагрузки на его валу?
3. Почему при уменьшении тока возбуждения частота вращения ДПТ возрастает?
4. Как должен изменяться ток якоря при уменьшении тока возбуждения и постоянном моменте сопротивления на валу двигателя?
5. Как изменится вид механической характеристики двигателя, если ввести в цепь якоря добавочное сопротивление ЯдЯ?
6. Нарисовать приблизительный вид энергетической диаграммы в точке короткого замыкания (моментного тормоза).

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 1.1 Электрический привод

Лабораторное занятие № 20

Исследование тормозных режимов работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Цель: Исследование характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения в тормозных режимах работы, построение энергетических диаграмм электродвигателя в этих режимах.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;
- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы, лабораторный стенд "Электропривод" ЭП-СК

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. Собрать схему для измерения параметров.
3. Рассчитать параметры двигателя.
4. Построить механические характеристики двигателя

Порядок выполнения работы:

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести модули в исходное состояние:

- перевести модуль тиристорного преобразователя в режим регулирования скорости, для этого установить переключатель SA2 в положение «Скорость», SA3 - в положение «Руч», SA4 - в положение «НМ», SA6 - в нижнее положение;

- перевести преобразователь частоты в режим регулирования момента. Настроить параметры замкнутого контура регулирования скорости, затем: Выбрать меню 1 «Меню ПЧ», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Управление моментом», сконфигурировать следующие параметры:

- *tss* - переключение скорость/момент (*LI3* - переключение по сигналу тумблера скорость/момент на лицевой панели модуля);

- *trl* - источник задания момента (*АН* - задание с потенциометра на лицевой панели модуля);

- *tsd* - переключение знака момент (*LI2* - переключение по сигналу тумблера назад на лицевой панели модуля);

- *trt* - коэффициент задания момента (60%);

- *tst* - тип остановки в режиме управления моментом (выбег);

- *dbp* - зона нечувствительности + (60 Гц);

- *dbn* - зона нечувствительности - (60 Гц);

- *tLIG* - ограничение момента в генераторном режиме (100%).

Выбрать меню 1 «Меню ПЧ», в нем выбрать подменю 1.8 «Управление при неисправностях»| в нем выбрать группу параметров «Неисправность датчика», сконфигурировать следующие параметры:

- *Sdd* - контроль вращения в обратном направлении (Нет).

Выбрать меню 1 «Меню ПЧ», в нем выбрать подменю 1.8 «Управление при неисправностях», в нем выбрать группу параметров «Сброс неисправности», сконфигурировать следующие параметры:

- *InH* - назначение сброса неисправностей (ZJ4).

- перевести переключатель SA1 МДС1 в положение «О».

В работе исследуются свойства двигателя постоянного тока, каталожные данные которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 Паспортные данные машины постоянного тока

Наименование параметра	Значение
Тип	ПЛ072
Мощность, кВт	0,18
Номинальное напряжение питания обмотки якоря, В	220
Номинальный ток якоря, А	1,3
Номинальное напряжение обмотки возбуждения, В	220
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Номинальное сопротивление якоря, Ом	18,5
Номинальное сопротивление параллельной обмотки возбуждения, Ом	820

Схема для исследования системы приведена на рисунке 1.

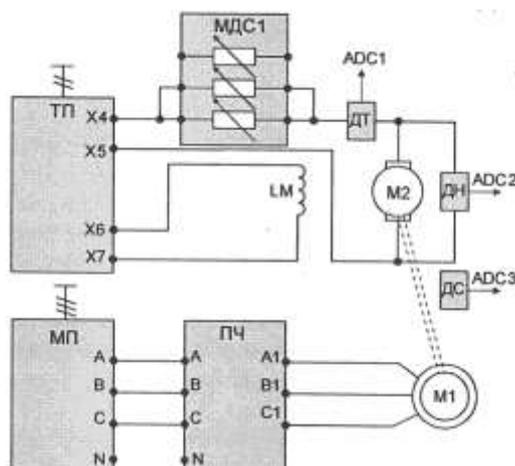


Рисунок 1.1. Схема для исследования двигателя независимого возбуждения

Для проведения данной работы на персональном компьютере должно запущено программное обеспечение *DeltaProfi*.

Двигатель постоянного тока (ДПТ) подключается к модулю тиристорного преобразователя (ТП): якорная обмотка присоединяется к выходам якорного преобразователя модуля ТП через сопротивление модуля МДС1 и датчики тока и напряжения силового модуля, обмотка возбуждения присоединяется к выходам нерегулируемого источника напряжения U_0 .

Выходы датчиков тока и напряжения, а также ПЧН силового модуля подключаются к входам ADC1, ADC2, ADC3 модуля ввода/вывода.

Асинхронный электродвигатель, выполняющий роль нагрузочной машины, подключается к преобразователю частоты ПЧ. Преобразователь частоты запитывается напряжением 3x380В от модуля питания.

1 Рекуперативное торможение ДПТ

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.

Рекуперативное торможение возможно только в случае, когда частота вращения двигателя превосходит частоту вращения на холостом ходу. При этом ЭДС двигателя оказывается больше ЭДС источника.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- включением автоматического выключателя *QFI* модуля питания стенда и контактора КМ1 модуля питания подать напряжение на необходимые элементы стенда;
- перевести переключатель SA1 МДС1 в положение «0»;
- включить кнопку «Сеть» модуля ТП;
- подав разрешение на работу ТП, установить выходное напряжение на уровне 0,6...0,8 от номинального значения;
- выбрав необходимое направление вращения асинхронного электродвигателя, задать момент нагрузки с помощью потенциометра модуля ПЧ. Если частота вращения ДПТ уменьшается, изменить направление вращения ПЧ (SA2 модуля ПЧ);
- увеличивая момент, снять несколько точек в режиме рекуперации ДПТ, фиксируя необходимые величины в табл. 2.

Рекомендуется зафиксировать также точку холостого хода ДПТ и точку перехода в генераторный режим. В ходе выполнения опыта важно учитывать знаки величин.

Таблица 2

$I_{я}, А$						
$U_{я}, В$						
$I_{в}, А$						
$n, об/мин$						
$\omega, 1/с$						
$P_{я}, Вт$						
$\Delta P_{эля}, Вт$						
$\Delta P_{эльв}, Вт$						
$P_{в}, Вт$						
$M, Нм$						
η						

Расчетные данные

Мощность, подводимая к двигателю, Вт:

$$P_{я} = I_{я} \cdot U_{я}$$

Потери в якорной цепи ДПТ, Вт:

$$\Delta P_{эля} = I_{я}^2 \cdot R_{я}$$

где $R_{я}$ –сопротивление якорной цепи, см. таблицу 1, Ом:

Электрические потери в обмотке возбуждения, Вт:

$$\Delta P_{эльв} = I_{в}^2 \cdot R_{в}$$

Мощность на валу двигателя:

$$P_{в} = P_{я} - \Delta P_{эля} - \Delta P_{эльв} - \Delta P_{мех.дпт}$$

где - $\Delta P_{мех.дпт}$ - механические потери двигателя, см. таблицу 1, Вт:

Коэффициент полезного действия для двигательного режима:

$$\eta = P_{в} / P_{я}$$

Частота вращения двигателя, 1/с:

$$\omega = \pi \cdot n / 30$$

где n - скорость вращения электродвигателя, об/мин;

Момент развиваемый двигателем, Нм:

$$M_{в} = k\Phi I_{я}$$

$$k\Phi = (U_{я} - I_{я} \cdot R_{я}) / \omega_n$$

Торможение противовключением электродвигателя представляет собой торможение, при котором электродвигатель вращается в сторону, противоположную заданной. Данный вид торможения встречается преимущественно при нагрузках с активным моментом сопротивления.

Для снятия характеристик электродвигателя в режиме противовключения необходимо ввести в якорную цепь добавочное сопротивление для уменьшения жесткости механической характеристики. Данное сопротивление переключателем SA1 МДС1.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- включением автоматического выключателя *QF1* модуля питания стенда и контактора *QF2* модуля питания подать напряжение на стенд;
- предварительно установив добавочное сопротивление в цепи якоря ДПТ, включить ТП (кнопка «Сеть»);
- подав разрешение на работу ТП (*SA6*), установить частоту вращения ДПТ на уровне 350...400 об/мин;
- Разрешить работу ПЧ (*SA1*) и , задав переключателем *SA2* модуля направление вращения асинхронного двигателя , изменять момент нагрузки потенциометром RP1 модуля;
- плавно изменяя нагрузку , снять механическую характеристику ДПТ, при этом зафиксировать точку короткого замыкания ($U_{я} > 0, M_{в} > 0, \omega = 0$), а также несколько точек режима противовключения. Данные занести в таблицу 3.

Таблица 3.

Рдоб						
Uтп, В						
Uя,В						
Iя,А						
Iв, А						
n, об/мин						
ω , 1/с						
Ртп, Вт						
Ря, Вт						
$\Delta P_{\text{Эля}}$, Вт						
$\Delta P_{\text{ЭЛВ}}$, Вт						
$\Delta P_{\text{ДОБ}}$, Вт						
Рв, Вт						
М, Нм						
η						

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

Расчетные данные

Потери в добавочном сопротивлении, Вт:

$$\Delta P_{\text{ДОБ}} = I_{\text{я}}^2 \cdot R_{\text{доб}}$$

3. Динамическое торможение

Динамическое торможение применяется для точной остановки двигателя постоянного тока и заключается в закорачивании якорной цепи электродвигателя на активное сопротивление. Такой способ торможения делает возможным остановку двигателя при нулевой скорости, в отличие от торможения противовключением, при котором необходимо иметь устройство, контролирующее текущую скорость вращения.

Для снятия характеристик в режиме динамического торможения необходимо собрать схему, показанную на рис. 3.2.

Якорная цепь двигателя постоянного тока подключается на добавочные сопротивления модуля МДС1 через датчики тока и напряжения модуля силового. Выходы датчиков тока и напряжения, а также выход датчика скорости (ДС) подключаются на входы ADC1, ADC2, ADC3 модуля ввода/вывода.

Обмотка возбуждения двигателя постоянного тока подключается к выходу нерегулируемого напряжения постоянного тока модуля питания.

Асинхронный электродвигатель, выполняющий роль нагрузочной машины, подключается к преобразователю частоты ПЧ. Преобразователь частоты запитывается напряжением 3х380В от модуля питания.

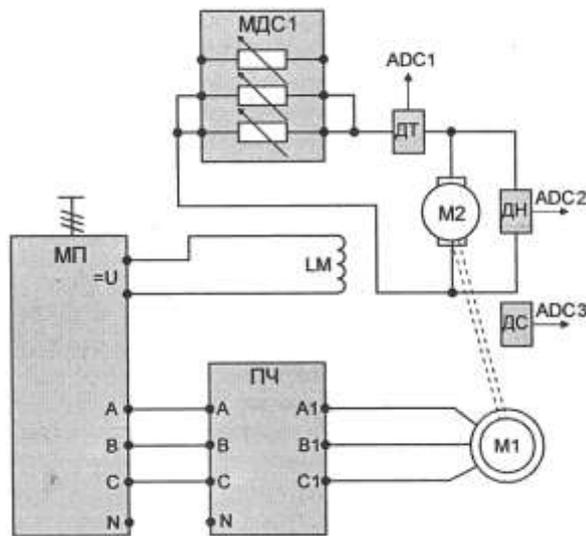


Рисунок 1.2. Схема для проведения опыта динамического торможения

Опыт проводится в следующей последовательности:

- предварительно установить добавочное сопротивление в цепи якоря ДПТ по указанию преподавателя;
- включением автоматического выключателя *QF1* модуля питания стенда и контактора *QF2* модуля питания подать напряжение на стенд;
- разрешить работу ПЧ (*SA1*) и, задав переключателем *SA2* модуля направление вращения асинхронного двигателя, изменять момент нагрузки потенциометром *RPI* модуля;
- плавно задавая нагрузку, снять механическую характеристику ДПТ.
- Данные занести в таблицу 4

Таблица 4

Рдоб						
U _{я2} , В						
I _я , А						
I _в , А						
n, об/мин						
ω, 1/с						
Р _я , Вт						
ΔР _{эля} , Вт						
ΔР _{элв} , Вт						
ΔР _{доб} , Вт						
Р _в , Вт						
М, Нм						

После проведения опыта установить все переключатели модулей в исходное состояние, выключить контактор КМ1 модуля питания и автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда.

Контрольные вопросы

1. Как изменить направление вращения ДПТ?
2. Почему у ДПТ возрастает ток якоря при увеличении нагрузки на его валу?
3. Почему при уменьшении тока возбуждения частота вращения ДПТ возрастает?
4. При каких видах торможения понятие КПД неприменимо? Почему?
5. Назовите требования к источнику постоянного напряжения для реализации рекуперативного торможения.
6. В чем отличия динамического торможения от торможения противовключением?
7. Нарисовать (качественно) энергетические диаграммы для всех видов торможения и характерных точек: моментного тормоза (короткого замыкания), точки идеального холостого хода.

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Лабораторное занятие № 21

Исследование системы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока»

Цель: Исследование рабочих свойств и показателей регулирования системы «Тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока» (ТП-Д).

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;
- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

инструкции по выполнению работы, лабораторный стенд "Электропривод" ЭП-СК

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. Собрать схему для измерения параметров.
3. Рассчитать параметры двигателя.
4. Построить характеристики двигателя

Порядок выполнения работы:

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести модули в исходное состояние:

-перевести модуль тиристорного преобразователя в режим регулирования скорости, для этого установить переключатель **SA3** в положение «Авт», **SA4** - в положение «НМ», кнопку «Сеть» - в нижнее положение, переключатель **SA6** — в нижнее положение;

-перевести преобразователь частоты в режим регулирования крутящего момента: переключатель **SA1** модуля ПЧ установить в положение «Момент», переключатель **SA2** установить в среднее положение, переключатель **SA3** установить в положение «Момент», потенциометр **RPI** - на минимум снимаемого напряжения (крайнее положение против часовой стрелки), настроить преобразователь на режим поддержания момента;

-потенциометр сигнала задания **RPI** на модуле регуляторов установить в крайнее положение против часовой стрелки, переключатель **SA5** установить в положение 3,5, **SA6** установить в положение «О».

В работе исследуются свойства системы электропривода на основе двигателя постоянного тока, каталожные данные которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 Паспортные данные машины постоянного тока

Наименование параметра	Значение
Тип	ПЛ072
Мощность, кВт	0,18
Номинальное напряжение питания обмотки якоря, В	220
Номинальный ток якоря, А	1,3
Номинальное напряжение обмотки возбуждения, В	220
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Номинальное сопротивление якоря, Ом	18,5
Номинальное сопротивление параллельной обмотки возбуждения, Ом	820
Сопротивление обмотки якоря $R_{20^{\circ}\text{C}}$ (расчетное значение), Ом	6,4
Сопротивление обмотки возбуждения $R_{0\text{В.}20^{\circ}\text{C}}$ (расчет, значение), Ом	222
Механические потери, $\Delta P_{\text{мех.дпт}}$, Вт	15

Схема для исследования системы, приведена на рисунке 1. Для проведения данной работы на персональном компьютере должно быть запущено программное обеспечение *DeltaProfi*.

Двигатель постоянного тока (ДПТ) подключается к модулю тиристорного преобразователя (ТП): якорная обмотка присоединяется к выходам двухкомплектного реверсивного преобразователя модуля ТП, обмотка возбуждения - к выходам нерегулируемого источника выпрямленного напряжения.

Выход регулятора тока модуля регуляторов подключается к входу X1 модуля ТП, а также к входу ADC4 модуля ввода/вывода. На вход регулятора тока подается сигнал задания с потенциометра RP1 модуля регуляторов.

В качестве нагрузочной машины выступает асинхронный электродвигатель, подключенный к преобразователю частоты. Преобразователь частоты запитывается трехфазным напряжением 3x3 80В от модуля питания.

Для измерения тока якоря и напряжения на якоре используются датчики тока и напряжения силового модуля. Выходы датчиков тока и напряжения, а также ПЧН силового модуля подключаются к входам ADC1, ADC2, ADC3 модуля ввода/вывода соответственно.

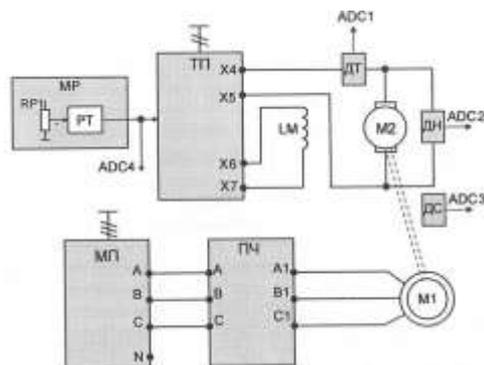


Рисунок 1 - Схема для исследования системы

Естественные характеристики представляют собой зависимости частоты вращения двигателя от тока якоря (электромеханическая характеристика) и от момента на валу электродвигателя (механическая характеристика): $\omega = f(I_{\text{я}})$, $\omega = f(M_{\text{в}})$ при постоянном напряжении якорной цепи и отсутствии добавочных сопротивлений в цепи якоря и возбуждения.

Порядок проведения опыта:

- включить автоматический выключатель *QF1* модуля питания стенда и контактор *KM1* модуля питания;
- включением кнопки «Сеть» подать напряжение на модуль ТП;
- подать разрешение на работу ТП (тумблер *SA6*) и установить потенциометром *RP1* модуля регуляторов номинальное напряжение на якоре ДПТ;
- выбрав необходимое направление вращения асинхронного двигателя, задавать потенциометром *RP1* модуля ПЧ момент нагрузки. При снятии опыта следить за током якоря ДПТ. Он не должен превышать номинального значения;
- при проведении опыта желательно зафиксировать несколько точек двигательного и генераторного режимов. Результаты опыта заносить в таблицу 2.

После проведения опыта установить все переключатели модулей в исходное состояние, выключить контактор *KM1* модуля питания и автоматический выключатель *QF1* модуля питания стенда.

Таблица 2.

n , об/мин						
$I_{\text{я}}$, А						
$I_{\text{в}}$, А						
$U_{\text{я}}$, В						
$P_{\text{я}}$, Вт						
$\Delta P_{\text{Эля}}$, Вт						
$\Delta P_{\text{Элв}}$, Вт						
$\Delta P_{\text{Мех}}$, Вт						
$P_{\text{в}}$, Вт						
ω , 1/с						
$M_{\text{в}}$, Нм						

Расчетные данные.

Частота вращения двигателя, 1/с:

$$\omega = \pi \cdot n/30$$

где n - скорость вращения электродвигателя, об/мин;

Мощность на выходе тиристорного преобразователя, Вт:

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

Потери в якорной цепи ДПТ, Вт:

$$\Delta P_{\text{Эля}} = I_{\text{я}}^2 \cdot R_{\text{я}}$$

где $R_{\text{я}}$ – сопротивление якорной цепи, см. таблицу 1, Ом:

Электрические потери в обмотке возбуждения двигателя, Вт:

$$\Delta P_{\text{Элв}} = I_{\text{в}}^2 \cdot R_{\text{в}}$$

где $R_{\text{в}}$ – сопротивление якорной цепи, см. таблицу 1, Ом:

Мощность на валу двигателя:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{я}} - \Delta P_{\text{Эля}} - \Delta P_{\text{Элв}} - \Delta P_{\text{мех.дпт}}$$

где $\Delta P_{\text{мех.дпт}}$ – механические потери двигателя, см. таблицу 1, Вт:

Момент на валу двигателя, Нм

$$M_{\text{в}} = P_{\text{в}} / \omega$$

По данным таблицы 2 построить механическую, электромеханическую характеристики, а также зависимость $\eta = f(M_{\text{в}})$, $\eta = f(I_{\text{я}})$

Контрольные вопросы.

1. Как осуществляется регулирование напряжения на выходе ТП?
2. Какому напряжению управления ТП соответствует угол регулирования, равный 90 градусам?
3. Какими условиями ограничены максимальные напряжения ТП в инверторном и выпрямительном режимах?
4. Как определить минимальную скорость двигателя в системе?
5. Почему механическая характеристика двигателя в системе ТП-Д мягче, чем естественная характеристика двигателя?
6. Как изменится точность регулирования скорости при изменении напряжения управления ТП?
7. Как определить точку перехода из непрерывного режима работы ТП в прерывистый?
8. В каком режиме КПД системы ТП-Д равен нулю?
9. В каком режиме работает двигатель, когда коэффициент мощности системы равен ТП-Д нулю?
10. Какими условиями ограничен диапазон регулирования скорости в системе регулирования тока возбуждения?

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Лабораторное занятие №22 Исследование преобразователя частоты Altivar71

Цель: приобретение навыков работы с преобразователем частоты Altivar71. Изучение способов управления, контроля параметров привода. Изучение способов разгона и торможения асинхронного двигателя с помощью преобразователя частоты.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы, лабораторный стенд "Электропривод" ЭП-СК

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. Собрать схему для измерения параметров.
3. Произвести необходимые настройки преобразователя частоты.

Порядок выполнения работы:

Перед проведением работы при выключенном автомате *QFI* МПС привести модули в исходное состояние:

- переключатель «Сеть» модуля ТП перевести в нижнее положение, тумблер *SA3* - в положение «Руч», *SA4, SA6* - в нижнее положение, *SA5* - в среднее положение. Перевести ТП в режим регулирования момента (Приложение Б);

- переключатель *SA2* модуля ПЧ перевести в среднее положение, потенциометр *RPI* - в крайнее положение против часовой стрелки. *

В работе исследуется система электропривода на основе асинхронного двигателя. Для проведения данной работы на персональном компьютере должно быть запущено программное обеспечение *DeltaProfi* и выбрана соответствующая лабораторная работа. Схема для исследования приведена на рис. 1.

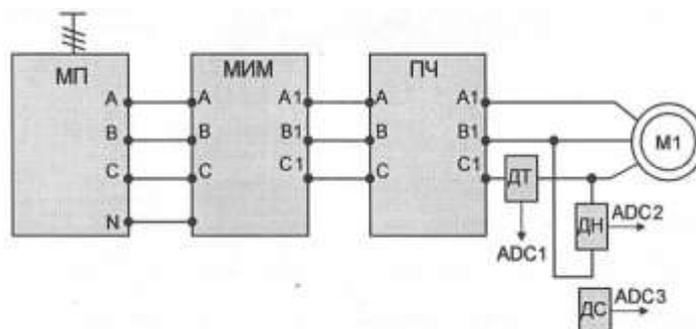


Рисунок 1 Схема для снятия характеристик

1. Управление приводом с кнопочной панели

Асинхронный электродвигатель подключается к преобразователю частоты ПЧ, который, в свою очередь, запитывается напряжением 3х3 80В от модуля питания. В статорные цепи асинхронного двигателя подключаются датчики тока и напряжения с силового модуля. Выходы ДТ, ДН и ПЧН модуля силового подключаются к входам ADC1, ADC2 и ADC3 соответственно модуля ввода/вывода.

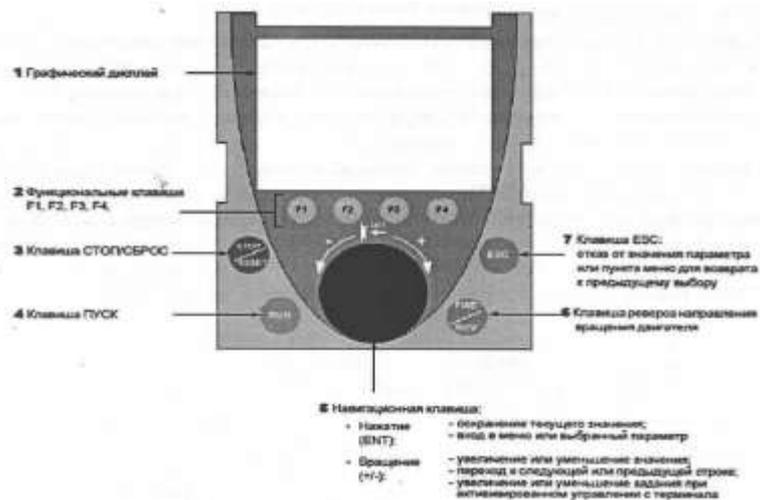


Рисунок 2 – Общий вид панели с указанием основных элементов

На рис. 2 представлен общий вид панели с указанием основных элементов и их назначением.

Клавиши 3-6 обеспечивают непосредственное управление электроприводом при активированном управлении с панели.

Функциональные клавиши **F1 - F4** имеют возможность перепрограммирования назначения. Кнопочная панель может быть отсоединена от преобразователя. **Внимание! Не отсоединять панель при поданном напряжении питания, это может привести к выходу ее из строя.**

При поданном на преобразователь частоты напряжении питания на графическом дисплее будет отображаться текущее значение частоты, при нажатии клавиши «Ввод» появится доступ к графическому интерфейсу дисплея, внешний вид дисплея представлен на рис. 3.

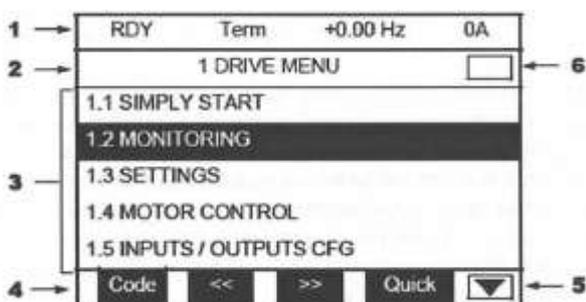


Рисунок 3- Внешний вид дисплея

На рис. 3 цифрами обозначены:

1. Строка состояния (индикация текущего состояния привода).
2. Строка меню (индикация текущего меню).
3. Рабочее поле (отображение меню, параметров меню и мониторинг параметров). **ц**
4. Отображение функций, назначенных программируемым клавишам **F1 - F4**.
- 5 - 6. Отображение возможности / невозможности прокрутки меню вверх и вниз соответственно.

Навигация по параметрам преобразователя отображена схемой на рис. 4.



Рисунок 4 –Навигация по параметрам преобразователя

Переход на более низкий уровень меню осуществляется нажатием клавиши **ENT**, обратный переход на более высокий уровень меню осуществляется нажатием клавиши **ESC**. Переход между параметрами одного уровня производится вращением навигационного колеса. Спецификой данного преобразователя является то, что все отредактированные параметры сразу записываются в энергонезависимую память преобразователя.

Перед изучением способов управления преобразователем необходимо ознакомиться со способами программирования ПЧ, а также сбросить все настройки ПЧ на заводские. Для этого выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.12 «Заводская настройка», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

FCSI - источник конфигурации (Макроконфигурация);

FrY - группы параметров (Все);

- **GFS** - возврат к заводским настройкам (Да).

После проведения процедуры сброса последний параметр вернется в значение «Нет».

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.4 «Привод», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

bFr - стандартная частота напряжения питания двигателя;

nP2 - номинальная мощность двигателя;

Uns - номинальное напряжение двигателя;

nC2 - номинальный ток двигателя;

Frs - номинальная частота двигателя;

nSP - номинальная скорость двигателя;

InSP - дискретность задания скорости;

PHz - порядок чередования фаз; **-U0** - нулевой уровень напряжения;

- **Ctt** - режим работы привода (**UF2** - скалярное управление).

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.5 «Входы-выходы», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

tec - 2/3-проводное управление (2-проводное).

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.6 «Управление ЭП», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

- **Frl** - выбор источника задания (графический терминал).

Далее провести процедуру автонастройки с целью определения приводом обмоточных данных статора. Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.4 «Привод», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

- **tUn** - автонастройка (Да).

После проведения процедуры автонастройки последний параметр перейдет в значение «Выполнено».

Для исследования преобразователя с управлением от кнопочной панели:

- выбрать направление вращения переключателем **SA2**;
- для запуска преобразователя нажать зеленую кнопку **Run** («Пуск»), после чего появится характерный звук от электродвигателя;
- вращением навигационной клавиши установить номинальную скорость вращения электродвигателя;
- нажать кнопку **Stop/Reset** «Стоп/сброс» и величина скорости снизится до нуля в соответствии с величиной замедления, установленной в настройках преобразователя;
- при повторном запуске (кнопка **Run**) скорость двигателя возрастет до того значения, при котором было произведено отключение в соответствии с величиной ускорения, установленной в настройках преобразователя;
- опробовать реверс двигателя нажатием на кнопку **FWD/REV**;
- для полной остановки преобразователя тумблер **SA2** перевести в среднее положение.

2. Исследование способов пуска в системе ПЧ-АД

Электропривод переменного тока, выполненный на основе преобразователя частоты инверторного типа, имеет возможность выполнять несколько способов пуска/торможения электродвигателя:

- линейный пуск электродвигателя с заданным темпом;
- пуск электропривода по S-рампе;
- пуск двигателя по U-рампе.

Линейный пуск заключается в разгоне электропривода до заданной скорости с увеличением частоты напряжения на статоре в зависимости от времени, установленного в настройках ПЧ.

Для исследования линейного пуска электропривода необходимо выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», зайти в группу параметров «Задатчик» и сконфигурировать следующие параметры:

- **rpt** - тип кривых разгона и торможения (**Lin** - линейный);
 - **ACC** - время разгона (установить время разгона по заданию преподавателя);
 - установить потенциометром RP1 требуемую скорость вращения двигателя;
 - произвести пуск переключением тумблера SA2 в одно из крайних положений.
- Электродвигатель разгонится с заданным темпом до заданной скорости. Зафиксировать переходный процесс разгона электродвигателя.

Повторить эксперимент для другого значения постоянной времени задатчика интенсивности.

Пуск электропривода по S-образному закону заключается в разгоне электропривода до заданной скорости, с затягиванием процесса пуска в начале и ускорением в конце, при этом форма кривой скорости напоминает английскую букву **S**. Такой тип пуска позволяет получить плавное нарастание ускорения в начале и плавное замедление ускорения в конце, что уменьшает динамические удары на механическую часть привода в начале и в конце разгона.

Аналогично произвести исследования других видов кривой разгона электропривода, для изменения формы кривой разгона в меню 1 «**Меню ПЧ**», выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Задатчик» и сконфигурировать параметр **rpt** - тип кривых разгона и торможения (**S** и **U** - соответственно). Каждый из режимов исследовать с двумя различными постоянными временами разгона.

3. Исследование способов торможения в системе ПЧ-АД

Преобразователь частоты Altivar 71 обеспечивает следующие типы торможения:

торможение на выбеге;
торможение по рампе;
динамическое торможение.

В режиме торможения на выбеге при поступлении команды торможения инвертор отключается, и двигатель останавливается под воздействием собственной массы.

Для настройки режима торможения электродвигателя на выбеге выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Конфигурация остановки» и сконфигурировать следующие параметр *Stt* - способ торможения (*nSt* - выбег).

Вторым способом торможения является торможение по рампе. При этом виде торможения при поступлении команды на остановку/реверс происходит постепенное уменьшение выходной частоты и напряжения согласно заданному времени. Для включения данного режима необходимо выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Конфигурация остановки» и сконфигурировать следующие параметр *Stt* - способ торможения (*zMP* - торможение с заданным темпом). Время торможения задается в параметре *dE2* подменю «Задачик» меню «Прикладные функции».

При динамическом торможении на статор асинхронного электродвигателя подается постоянный ток. Для настройки режима динамического торможения электродвигателя выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», зайти в группу параметров «Конфигурация остановки», сконфигурировать следующие параметры:

-*Stt*- способ торможения (*dCI*- динамическое торможение); - *БИС*- уровень постоянного тока (11n - номинальное значение). После установки требуемого режима торможения необходимо произвести пробный пуск/торможение двигателя и зафиксировать переходный процесс:

-установить потенциометром RP1 требуемую скорость вращения двигателя; -перевести переключатель SA2 модуля ПЧ в одно из крайних положений, осуществить разгон электродвигателя;

-дождавшись окончания процесса разгона установить переключатель SA2 в среднее положение и зафиксировать переходный процесс скорости электродвигателя;

-изменив параметры процесса торможения (ток динамического торможения для режима динамического торможения или время торможения для режима торможения по рампе), повторить опыт.

После проведения опыта установить потенциометр RP1 в крайнее положение против часовой стрелки, выключить переключатель SA2, выключить электропитания лабораторного стенда.

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.

5.Где рассеивается энергия торможения двигателя?

6. Назовите основные режимы работы преобразователя частоты Altivar 71.

7. Назовите основные способы управления преобразователем Altivar 71.

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Лабораторное занятие № 23

Исследование специализированного программного обеспечения и управления ПЧ от персонального компьютера

Цель: знакомство с программным обеспечением преобразователя частоты Altivar 71.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;
- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение: инструкции по выполнению работы, лабораторный стенд "Электропривод" ЭП-СК

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. Собрать схему.
3. Ознакомиться с управлением ПЧ от компьютера.
4. Продемонстрировать полученные навыки преподавателю.

Порядок выполнения работы:

Перед проведением работы при выключенном автомате **QF1** МПС привести модули в исходное состояние:

- переключатель «Сеть» модуля ТП перевести в нижнее положение, тумблер **SA3** - в положение «Руч», **SA4, SA6** - в нижнее положение, **SA5** - в среднее положение. Перевести ТП в режим регулирования момента.

- переключатель **SA2** модуля ПЧ перевести в среднее положение, потенциометр **RPI** - в крайнее положение против часовой стрелки.

В работе исследуется система электропривода на основе асинхронного двигателя

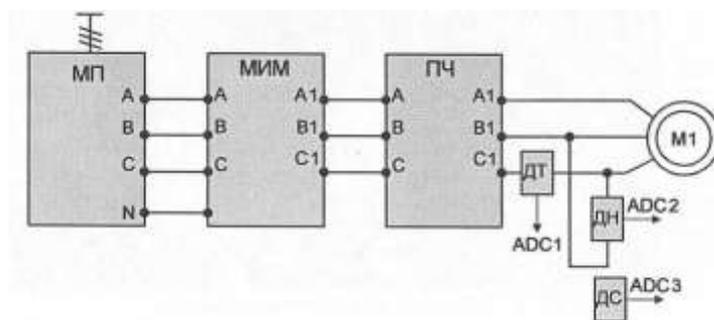


Рисунок 1. Схема для снятия характеристик системы ПЧ-АД

Асинхронный электродвигатель подключается к преобразователю частоты ПЧ, который, в свою очередь, запитывается напряжением 3x3 80В от модуля питания. В статорные цепи асинхронного двигателя подключаются датчики тока и напряжения с силового модуля. Выходы ДТ, ДН и ПЧН модуля силового подключаются к входам ADC\, **ADC2** и **ADC3** соответственно модуля ввода/вывода.

Для обеспечения возможности программирования ПЧ с помощью ПО SoMove, необходимо подключить к интерфейсному разъему ПЧ кабель связи с ПК и запустить на персональном компьютере программное обеспечение **SoMove**.

Общие сведения о программном обеспечении

Программное обеспечение **SoMove** предназначено для настройки и управления оборудованием фирмы **Schneider Electric** посредством персонального компьютера (или ноутбука).

Для начала работы убедитесь, что преобразователь частоты подключен к ноутбуку специализированным кабелем, а на преобразователь частоты подано напряжение питания. Программа допускает работу при отсутствии соединения с приводом, однако для управления в режиме реального времени требуется соединение.

При запуске программы отображается стартовый экран настройки (рис. 2). Внизу экрана расположена ссылка **here**, которая открывает перечень доступных для соединения преобразователей

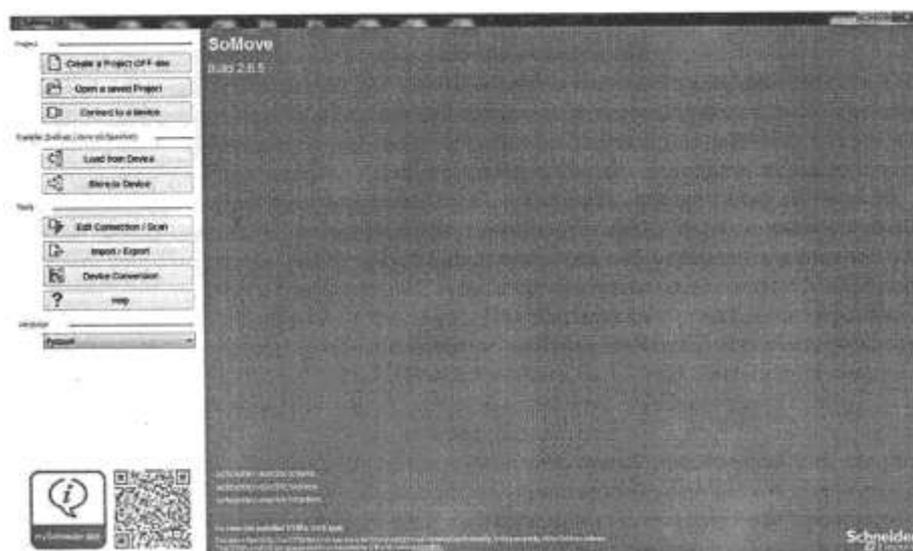


Рисунок 2 – Стартовый экран программы.

Для организации коммуникационной связи между преобразователем частоты и ноутбуком выбрать в левой части экрана команду **Edit Connection**. После нажатия команды откроется окно коммуникации, в котором можно выбрать предустановленное устройство или



же настроить параметры коммуникации, если конфигурация подключения ПЧ изменилась.

Рисунок 3 - Экран выбора коммуникационного устройства

Для связи преобразователя частоты с ноутбуком по умолчанию используется связь по протоколу *Modbus Serial*.

Для доступа к расширенным настройкам конфигурации подключения необходимо выбрать значок настройки, расположенный в правом верхнем углу экрана.

Для быстрого подключения к преобразователю частоты достаточно дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на значок предустановленного преобразователя частоты - в данном случае убедитесь, что указан *Altivar 71 (Atv 71)*.

После запуска быстрого подключения ПЧ к ПК запустится процедура инициализации. При инициализации может появиться окно предупреждения о незнакомом подключении, в этом случае необходимо нажать комбинацию клавиш *Alt+F*. После завершения загрузки пользователь получает доступ к основному меню программы. Работа в режиме реального времени отображается оранжевой полосой над вкладками меню и формулировкой *«data are synchronized»*.

Основной экран управления программы имеет 6 вкладок:

1. *My device* (краткие сведения о используемом преобразователе частоты).

Operate (панель оператора для мониторинга и переключения активных параметров).

Parameters (полный перечень параметров привода, распределенных в соответствии с меню).

4. *Errors detection* (журнал неисправностей).

5. *Monitoring* (наблюдение за основными параметрами в режиме реального времени).

Scope (цифровой осциллограф);

Applications (прикладные функции).

Работа в меню «Мониторинг»

Работа в данном меню полезна при оперативном определении состояния входов-выходов частотного преобразователя, а также для наблюдения переменных в режиме реального времени. Для работы с этими функциями необходимо открыть одноименную вкладку меню в программном обеспечении. Для отображения переменных в реальном времени пользователю в перечне слева предлагается выбрать один из желаемых сигналов. После выбора сигнала левой кнопкой мыши, курсор необходимо перевести в серую рабочую область, при этом курсор изменит форму и станет в виде перекрестия. При нажатии левой кнопкой мыши по серой области в указанной точке появится измерительный прибор, отображающий выбранную ранее величину. В выпадающем меню измерительного прибора можно выбрать его тип: стрелочный или цифровой. Настроенный экран мониторинга показан на рисунке 4.

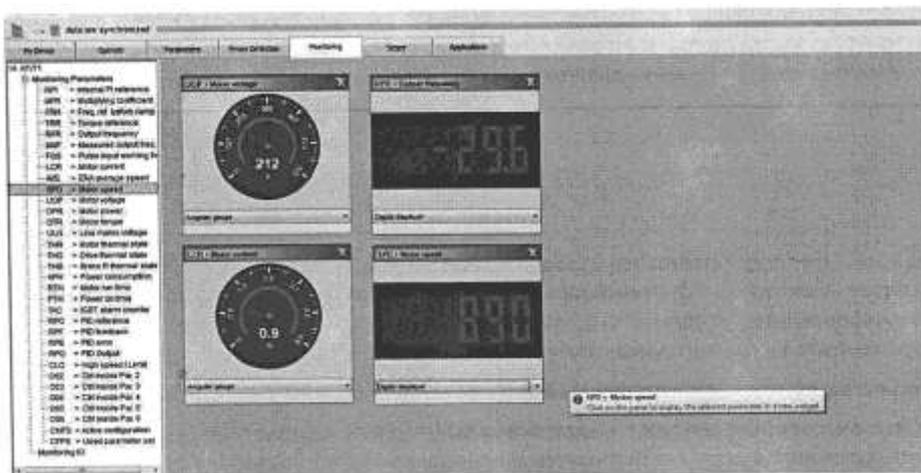


Рисунок 4 - Экран отображения переменных электропривода

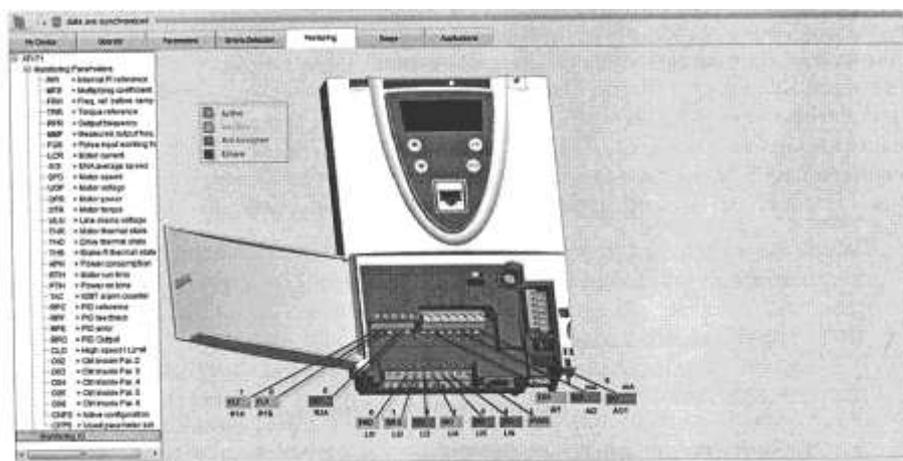


Рисунок 4 - Экран отображения состояния входов-выходов

Помимо отображения координат электропривода данное меню имеет возможность наблюдать за состоянием цифровых входов-выходов. Для перехода рабочей области в данный режим необходимо в списке в левой стороне экрана выбрать самую нижнюю вкладку **«Monitoring I/O»**. При этом рабочая область должна перейти в конфигурацию, представленную на рисунке 5.

Работа в меню «Осциллограф»

Данная вкладка меню позволяет пользоваться встроенной функцией осциллографа при исследовании характеристик электропривода. Внешний вид меню показан на рисунке 6. По умолчанию осциллограф настроен в режим срабатывания по уровню (триггеру). Записываемый сигнал и источник триггера выбираются в функциональных меню, расположенных в левой части экрана.

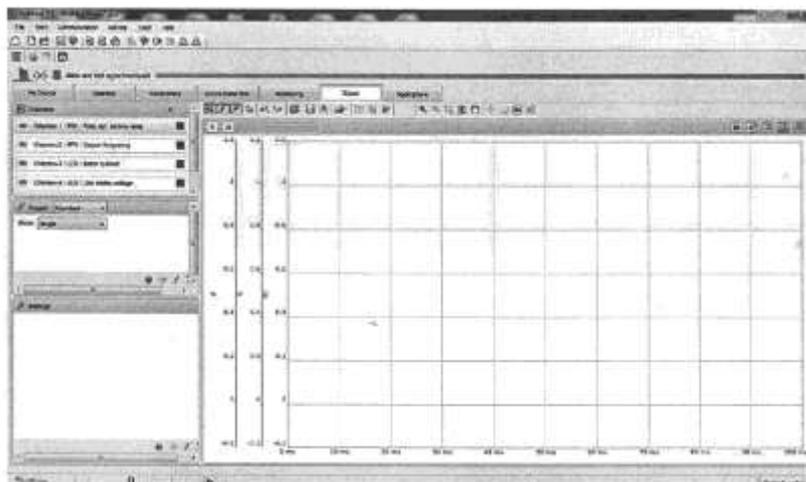


Рисунок 6 - Экран меню осциллографа

Для перевода осциллографа в режим самописца необходимо в командной строке выбрать вкладку **Device - Oscilloscope - Scope type - Slow scope**. В данном режиме доступны четыре канала для записи данных. Для изменения записываемой величины необходимо выбрать один из каналов в списке слева щелчком левой кнопки мыши, при этом канал начинает подсвечиваться. После этого нажать кнопку редактирования каналов (маленький значок карандаша под списком каналов) и выбрать необходимый сигнал из предложенного списка.

Запуск осциллографа осуществляется кнопкой **Start Trace**, расположенной сверху рабочей области. Если триггер не задан, кнопкой **Force Trigger** можно запустить немедленную запись сигнала. Для улучшения вида кривых выбрать вкладку **Device - Oscilloscope - FFT Configuration**. Выбрать максимальное число точек 1024.

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Лабораторное занятие № 24

Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Цель: Исследование характеристик асинхронного электродвигателя

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы, лабораторный стенд "Электропривод" ЭП-СК

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. Собрать схему для измерения параметров.
3. Рассчитать параметры двигателя.
4. Построить механические характеристики асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Порядок выполнения работы:

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести модули в исходное состояние:

- переключатель «Сеть» модуля тиристорного преобразователя перевести в нижнее положение, переключатель SA3 - в положение «Руч», SA4 - в положение «НМ», SA6 «Разрешение» - в нижнее положение.

Тиристорный преобразователь представляет собой однофазный двухкомплектный преобразователь с отдельным управлением комплектами. Преобразователь служит для управления электродвигателем постоянного тока независимого возбуждения.

Модуль тиристорного преобразователя содержит выходы управляемого преобразователя для питания обмотки якоря и выходы неуправляемого преобразователя для питания обмотки возбуждения.

На лицевую панель вынесены:

- кнопка «Сеть» подачи напряжения электропитания на ТП;
- переключатель SA1, который служит для переключения параметра, значение которого отображается на светодиодном индикаторе «напряжение / ток якоря / ток возбуждения»;

- тумблер SA2 - выбор режима регулирования «Скорость/Момент»;

- тумблер SA3 - выбор режима управления «Руч/Авт». В положении «Авт» управление осуществляется с помощью внешнего входного сигнала, сигнал подается на клемму XI, внутренние связи преобразователя не размыкаются. В положении «Руч» подача сигнала управления осуществляется с потенциометра RPI модуля;

- тумблер SA4 - выбор режима работы «П/НМ». В режиме «НМ» (нагрузочная машина) обратные связи по скорости или моменту подключаются автоматически, их переключение осуществляется с помощью тумблера SA2. В режиме «П» (преобразователь) все внутренние обратные связи преобразователя размыкаются, и аналоговый сигнал с клеммы XI модуля поступает непосредственно на вход СИФУ преобразователя. Выбор режима работы сигнализируется соответствующими светодиодами;

- тумблер SA5, который осуществляет выбор направления вращения;

- тумблер SA6 «Разрешение», который управляет подачей управляющих импульсов на тиристоры;

- потенциометр RPI, который обеспечивает уставку задания, в соответствии с положением тумблера SA2, по напряжению якоря или по моменту;

- клеммы $U_{\text{ТП}}$ предназначенные для подачи регулируемого выпрямленного напряжения на обмотку якоря двигателя постоянного тока;

- клеммы $U_{\text{ов}}$, предназначенные для подачи нерегулируемого выпрямленного напряжения на обмотку возбуждения двигателя постоянного тока;

- датчики тока (ДТ) и напряжения (ДН) предназначенные для коммутации внешних обратных связей с помощью аналоговых регуляторов.

Модуль ТП имеет индикатор, на который выводятся значения его выходного напряжения, тока якоря и возбуждения.

Индикация режима работы преобразователя содержит 4 светодиода («Защита», «Работа», «Мост А» и «Мост В»).

При работе в режиме НМ (нагрузочная машина) преобразователь работает в двух основных режимах (рис. Б.2):

- регулирование скорости;
- регулирование момента.

В режиме регулирования скорости двигатель работает на горизонтальной механической характеристике, а в режиме регулирования момента - на вертикальной.

Режим регулирования скорости:

Для работы преобразователя в режиме регулирования скорости необходимо:

- тумблер SA2 установить в положение «Скорость»;
- потенциометром RPI производить регулирование скорости двигателя.

Режим регулирования момента:

Для работы преобразователя в режиме регулирования момента необходимо:

- тумблер SA2 установить в положение «Момент»;
- потенциометром RPI регулировать момент, развиваемый двигателем.

- переключатель SA1 модуля добавочных сопротивлений №1 установить в положение «0».

В работе исследуются свойства асинхронного двигателя, каталожные данные которого приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование параметра	Значение
Тип	АИР63В4
Мощность, Вт	370
Номинальное напряжение питания обмотки статора, У/А, В	380/220
Номинальная частота вращения, об/мин	1310
Номинальный ток фазы статора, У/А, А	1,18/2,04
cos φ	0,7
Число пар полюсов	2
Номинальный момент, Н м	1,4
Активное сопротивление статора r_1 , Ом	19
Механические потери, $P_{\text{мех}}$ АД, Вт	15

Для проведения работы на персональном компьютере должно быть запущено программное обеспечение *DeltaProfi* и выбрана соответствующая лабораторная работа. Схема для исследования представлена на рисунке 1.

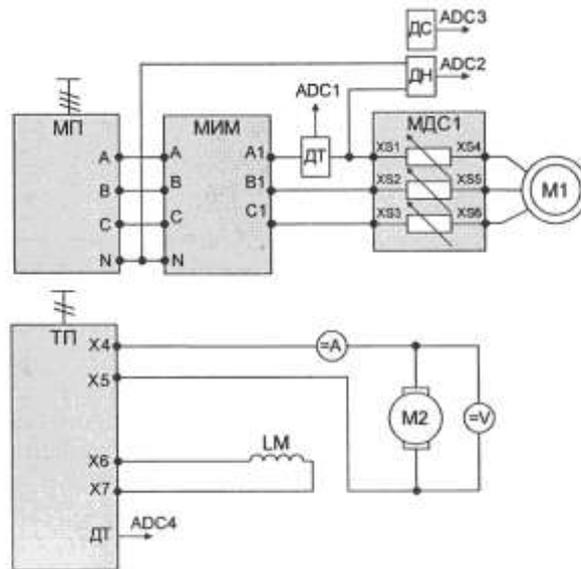


Рисунок 1 - Схема для исследования асинхронного двигателя

Асинхронный двигатель, исследуемый в данной работе, подключается к выходам 3x380В модуля питания через измеритель мощности и регулируемые сопротивления модуля добавочных сопротивлений №1.

Датчики тока и напряжения силового модуля подключаются в статорную цепь асинхронного двигателя. Выходы ДТ, ДН и ПЧН модуля силового подключаются к входам *ADC1*, *ADC2* и *ADC3* модуля ввода/вывода. Выход датчика тока модуля ТП подключается к входу *ADCA* модуля ввода/вывода.

В качестве нагрузочной машины выступает двигатель постоянного тока, подключенный к тиристорному преобразователю (ТП). Перед началом работы ТП должен быть переведен в режим регулирования момента. Для удобства проведения измерений в якорную цепь ДПТ включаются амперметр и вольтметр постоянного тока модуля измерительного.

Механическая и электромеханическая характеристики двигателя

Механическая характеристика представляет собой зависимость частоты вращения двигателя от полезного момента на валу двигателя $\omega = f(M_B)$ при постоянном значении частоты и амплитуды питающего напряжения. Электромеханическая характеристика двигателя представляет собой зависимость частоты вращения от тока статора $\omega = f(I_c)$

Опыт проводится в следующей последовательности:

- включить автоматический выключатель *QF1* модуля питания стенда и контактор *KM1* модуля питания, при этом подается напряжение на асинхронный двигатель;
- подать питание на тиристорный преобразователь включением кнопки «Сеть»;
- подать разрешение на работу ТП (тумблер *SA6*) и выбрать направление вращения ДПТ (переключатель *SA5*);
- задавая момент нагрузки с помощью потенциометра *RP1* тиристорного преобразователя, следить за частотой вращения. Если она увеличивается, поменять направление момента нагрузки;
- снять несколько точек двигательного режима, поменять направление момента (переключатель *SA5* ТП) и снять несколько точек генераторного режима. При проведении опыта следить за током якоря ДПТ. Он не должен превышать номинального значения. Данные опыта занести в таблицу2.

Данные опыта					
n, об/мин					
U _ф , В					
I _с , А					
P _с , Вт					
Расчетные данные					
ω 1/с					
S, ВА					
cosφ					
ΔP _{эл} , Вт					
ΔP _{мех} , Вт					
P _в , Вт					
M _в , Н-м					
η					

После проведения опыта установить все переключатели модулей в исходное состояние, выключить контактор КМ1 модуля питания и автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда.

Расчетные данные:

Частота вращения двигателя

$$\omega = \pi \cdot n/30$$

где n - скорость вращения электродвигателя, об/мин;

Полная мощность, потребляемая из сети, В-А:

$$S = 3U_{\phi} \cdot I_c$$

где U_ф - фазное напряжение питающей сети, В;

I_с - ток фазы статора асинхронного электродвигателя, А.

Коэффициент мощности электродвигателя:

$$\cos\varphi = 3 P_c / S$$

Электрические потери в цепи статора, Вт:

$$\Delta P_{\text{эл}} = 3 \cdot I_c^2 \cdot r_c$$

где r_с- сопротивление фазы обмотки статора, Ом.

Электрические потери в добавочном сопротивлении цепи статора, Вт:

$$\Delta P_{\text{доб}} = 3 \cdot I_c^2 \cdot r_{\text{доб}}$$

где r_{доб} - добавочное сопротивление, введенное в цепь статора, Ом.

Полезная мощность на валу двигателя, Вт:

$$P_v = 3 \cdot P_c - \Delta P_{\text{эл}} - \Delta P_{\text{доб}} - \Delta P_{\text{мех}}$$

где ΔP_{мех} - механические потери двигателя, Вт;

P_с - активная мощность в фазе статора, Вт.

Момент на валу двигателя, Н-м:

$$M_v = P_v / \omega$$

Коэффициент полезного действия в двигательном режиме электродвигателя:

$$\eta = P_v / 3P_c$$

По данным опытов построить механическую, электромеханическую характеристику, а также зависимости η, cosφ = f (M_в).

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. На механической характеристике двигателя указать точку перехода в генераторный режим, точку реального и идеального холостого хода.

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Лабораторное занятие № 25

Исследование системы «преобразователь частоты - асинхронный двигатель»

Цель: Исследование рабочих свойств системы «Преобразователь частоты -асинхронный двигатель» (ПЧ-АД), частотного регулирования скорости вращения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;
- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы, лабораторный стенд "Электропривод" ЭП-СК

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. Собрать схему для измерения параметров.
3. Рассчитать параметры двигателя.
4. Построить механические характеристики двигателя

Порядок выполнения работы:

В работе исследуются система электропривода на основе асинхронного двигателя, каталожные данные которого приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование параметра	Значение
Тип	АИР63В4
Мощность, Вт	370
Номинальное напряжение питания обмотки статора, У/А, В	380/220
Номинальная частота вращения, об/мин	1310
Номинальный ток фазы статора, У/А, А	1,18/2,04
cos φ	0,7

Число пар полюсов	2
Номинальный момент, Н м	1,4
Активное сопротивление статора r_1 , Ом	19
Механические потери, $P_{мех АД}$, Вт	15

Таблица 2 Паспортные данные машины постоянного тока

Наименование параметра	Значение
Тип	ПЛ072
Мощность, кВт	0,18
Номинальное напряжение питания обмотки якоря, В	220
Номинальный ток якоря, А	1,3
Номинальное напряжение обмотки возбуждения, В	220
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Номинальное сопротивление якоря, Ом	18,5
Номинальное сопротивление параллельной обмотки возбуждения, Ом	820
Сопротивление обмотки якоря $R_{20^{\circ}C}$ (расчетное значение), Ом	6,4
Сопротивление обмотки возбуждения $R_{0B.20^{\circ}C}$ (расчет, значение), Ом	222
Механические потери, $\Delta P_{мех.дпт}$, Вт	15

Перед проведением работы при выключенном автоматическом выключателе *QF1* МПС привести модули в исходное состояние:

- переключатель «Сеть» модуля ТП перевести в нижнее положение, тумблер *SA3* - в положение «Руч», *SA4* - в положение «НМ», *SA6* - в нижнее положение, *SA5* - в среднее положение. Перевести ТП в режим регулирования момента;

- переключатель *SA2* модуля ПЧ перевести в среднее положение, потенциометр *RP1* — в крайнее положение против часовой стрелки. Преобразователь частоты настроить на режим поддержания скорости при скалярном управлении. Схема для снятия характеристик системы ПЧ-АД приведена на рисунке 1.

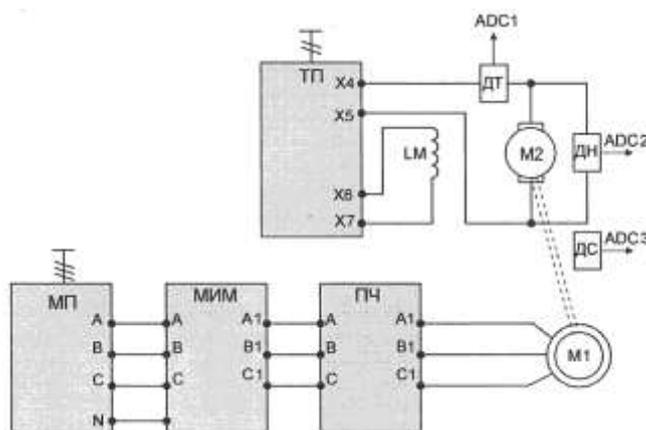


Рисунок 1 - Схема для снятия характеристик системы ПЧ-АД

Двигатель постоянного тока (ДПТ) подключается к модулю тиристорного преобразователя (ТП): якорная обмотка присоединяется к выходам якорного преобразователя модуля ТП через датчики тока и напряжения, обмотка возбуждения - к выходам нерегулируемого

источника постоянного напряжения. Выходы датчиков тока и напряжения, а также ПЧН силового модуля подключаются к входам *ADC1*, *ADC2*, *ADC3* модуля ввода/вывода.

Асинхронный электродвигатель подключается к преобразователю частоты ПЧ. Преобразователь частоты запитывается напряжением 3x380В от модуля питания через модуль измерителя мощности. Для проведения данной работы на персональном компьютере должно быть запущено программное обеспечение *DeltaProfi*.

Механические характеристики системы ПЧ-АД.

Скалярное управление в системе ПЧ-АД сводится к изменению параметров напряжения статора и частоты тока статора при заранее установленном законе связи между ними. Статические характеристики электропривода представляют собой зависимости частоты вращения, тока статора, КПД, $\cos\varphi$ от момента на валу двигателя: ω , I_c , η , $\cos\varphi = f(M_B)$.

Для переключения преобразователя в данный режим выполнить следующие действия:

- сбросить настройки на заводские и запрограммировать преобразователь на режим регулирования скорости.

Сброс на заводские настройки

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.12 «**Заводская настройка**», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

- **FCSI**- источник конфигурации (Макроконфигурация);
- **FrY**- группы параметров (Все);
- **GFS** - возврат к заводским настройкам (Да).

После проведения процедуры сброса последний параметр вернется в значение «Нет».

Настройка разомкнутого контура регулирования скорости

Выбрать меню 2 «**Уровень доступа**», в нем выбрать уровень экспертный.

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.4 «**Привод**», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

- **bFr** - стандартная частота напряжения питания двигателя (50 Гц МЭК);
- **nPr** - номинальная мощность двигателя;
- **Uns** - номинальное напряжение двигателя;
- **nCr** - номинальный ток двигателя;
- **Frs** - номинальная частота двигателя;
- **nSP** - номинальная скорость двигателя;
- **InSP** - дискретность задания скорости;
- **PHr** - порядок чередования фаз (АВС);
- **U0** - нулевой уровень напряжения (0 В);
- **Ctt** - режим работы привода (*UF2* - скалярное управление).

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.5 «**Входы-выходы**», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

tcc - 2/3-проводное управление (2-проводное).

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.6 «**Управление ЭП**», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

- **Frl** - выбор источника задания {*АН* - аналоговый вход №1 - потенциометр на лицевой панели модуля).

Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.7 «**Прикладные функции**», в нем выбрать группу параметров «Задатчик темпа», сконфигурировать следующие параметры:

- *bra* - адаптация темпа торможения (Нет).

Далее провести процедуру автонастройки с целью определения приводом обмоточных данных статора. Выбрать меню 1 «**Меню ПЧ**», в нем выбрать подменю 1.4 «**Привод**», в нем выставить следующие параметры (в скобках представленные требуемы значения параметров):

- tUn - автонастройка (Да).

После проведения процедуры автонастройки последний параметр перейдет в значение «Выполнено».

- установить параметр **SLP** - компенсация скольжения в значение 0 (режим компенсации скольжения отключен).

Таблица 3

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						
ΔP _{эл} , Вт						
ΔP _я , Вт						
P _я , Вт						
P _в , Вт						
P _c , Вт						
η _{ад}						
η _{пч-ад}						
cosφ _{ад}						
cosφ _{пч-ад}						
M _в , Н м						

Опыт проводится в следующей последовательности:

- включить автоматический выключатель **QF1** модуля питания стенда и нажать кнопку «ВКЛ.» модуля питания;
- включить кнопку «Сеть» модуля ТП;
- выбрав направление вращения асинхронного электродвигателя переключателем SA2 модуля ПЧ, задать потенциометром **RPI** выходную частоту преобразователя 50 Гц;
- подать разрешение на работу модуля ТП (тумблер SA6);
- зафиксировав необходимые величины согласно табл. 2, задать момент нагрузки. Зафиксировать значение максимальной скорости в номинальной точке;
- снять несколько точек в двигательном и генераторном режимах;
- после проведения опыта вывести момент нагрузки на ноль (**RPI** модуля ТП), убрать разрешение на работу ТП, остановить асинхронный электродвигатель.

Повторить опыт для двух других значений частоты на выходе преобразователя.

Расчетные данные:

Частота вращения двигателя

$$\omega = \pi \cdot n/30$$

где n - скорость вращения электродвигателя, об/мин;

Полная мощность, потребляемая из сети, В-А:

$$S = 3U_{\Phi} \cdot I_c$$

где U_{Φ} - фазное напряжение на выходе ПЧ, В;

I_c - ток фазы статора асинхронного электродвигателя, А.

Электрические потери в цепи статора, Вт:

$$\Delta P_{\text{эл}} = 3 \cdot I_c^2 \cdot r_c$$

где r_c - сопротивление фазы обмотки статора, Ом.

Электрические потери в цепи якоря, Вт

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

Выходная мощность ТП, Вт

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

Мощность на валу асинхронного двигателя, Вт:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{я}} - \Delta P_{\text{я}} - \Delta P_{\text{мех,дпт}}$$

где $\Delta P_{\text{мех}}$ - механические потери двигателя, Вт;

Коэффициент полезного действия электродвигателя:

$$\eta_{\text{ад}} = P_{\text{в}} / P_{\text{с}}$$

Коэффициент мощности электродвигателя:

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

Коэффициент полезного действия в системе:

$$\eta_{\text{пч-ад}} = P_{\text{с}} / P_{\text{вх}}$$

Коэффициент мощности системы

$$\cos \varphi_{\text{пч-ад}} = P_{\text{вх}} / (3U_{\text{вх}} \cdot I_{\text{вх}})$$

где U_{Φ} – фазное напряжение на входе ПЧ, В;

I_c – ток на входе ПЧ, А.

Момент на валу двигателя, Нм

$$M_{\text{в}} = P_{\text{в}} / \omega$$

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 35

Расчет и построение механических двигателей постоянного тока независимого возбуждения

Цель: 1. Повторить теоретический материал по теме «Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения»

2. Научиться рассчитывать и строить механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. Постройте естественную и искусственную (при введении резистора в цепь якоря) механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Определите графически и аналитически скорость вращения двигателя при работе на естественной и искусственной механических характеристиках при заданной нагрузке.

Порядок выполнения работы:

1. Повторение теоретического материала.
2. Расчет и построение механических характеристик ДПТ НВ
 - а) в двигательном режиме;
 - б) в режиме рекуперативного торможения;
 - в) в режиме динамического торможения.
 - г) в режиме противовключения
3. Сделать вывод.

Ход работы.

Пример выполнения задания.

Дано: $P_n = 16 \text{ кВт}$; $U_n = 220 \text{ В}$; $I_n = 85 \text{ А}$; $\omega_n = 74,5 \text{ 1/с}$; $R_a = 0,177 \text{ Ом}$ $R_{\text{доб}} = 0,2 \text{ Ом}$; $M_e = 0,7 \text{ Мн}$.

Режим противовключения $M_{\text{нач.торм.}} = 2,5 \text{ Мн}$.

Режим динамического торможения $M_{\text{нач.торм}} = 2,2 \text{ Мн}$.

Решение:

Аналитический метод расчета

1. Скорость вращения двигателя при работе на естественной характеристике

$$\omega_e = \frac{U_n}{k\phi} - \frac{R_a}{(k\phi)^2} M$$

где

$$k\phi = \frac{U_n - I_n R_a}{\omega_n} = \frac{220 - 85 \cdot 0,177}{74,5} = 2,75 \text{ В} \cdot \text{с} / \text{рад}$$

$$M = M_c = 0,7 \frac{P_n}{\omega_n} \cdot 10^3 = \frac{16}{74,5} \cdot 10^3 = 150 \text{ Нм}$$

Тогда

$$\omega_e = \frac{220}{2,75} - \frac{0,177}{2,75^2} 150 = 76,5 \text{ 1/с}$$

2. Скорость вращения двигателя при работе на искусственной механической характеристике при введении добавочного сопротивления в цепь якоря

$$\omega_n = \frac{U}{k\phi} - \frac{R_a + R_{доб}}{(k\phi)^2} M_c = \frac{220}{2,75} - \frac{0,177 + 0,2}{2,75^2} \cdot 150 = 72,5 \text{ 1/с}$$

Графический метод расчета

Для графического определения требуемой скорости вращения необходимо построить естественную и искусственную механические характеристики двигателя. Эти характеристики прямолинейные и поэтому строятся по двум точкам.

Так как характеристики пересекаются в одной точке, то координаты первой точки обеих характеристик совпадают.

$$M=0$$

$$\omega_0 \frac{U}{k\phi} = \frac{220}{2,75} = 80 \text{ 1/с}$$

Координаты второй точки естественной характеристики:

$$M = M_n, \omega_n = 74,5 \text{ 1/с}$$

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} \cdot 10^3 = \frac{16}{74,5} \cdot 10^3 = 215 \text{ Н*м}$$

Координаты второй точки искусственной характеристики:

$$M = M_n$$

$$\omega = -\frac{U}{k\phi} - \frac{R_a + R_{доб}}{(k\phi)^2} M_n$$

$$M_n = 215 \text{ Нм}$$

$$\omega = \frac{220}{2,75} - \frac{0,177 + 0,2}{2,75^2} \cdot 215 = 69,4 \text{ 1/с}$$

Скорость вращения двигателя для построения естественной и искусственной механических характеристик необходимо определить для $M = M_n$, а не для заданного $M = M_c$, так как в таком случае графическая проверка расчета не имеет смысла.

Далее по известным теперь координатам строим естественную (1) и искусственную (2) механические характеристики (рис. 1.2).

Затем на оси моментов откладываем заданное значение статического момента $M_c = 150 \text{ Н*м}$ и по построенным механическим характеристикам определяем значение скорости вращения $\omega_c = 77 \text{ 1/с}$, $\omega_n = 72 \text{ 1/с}$.

Графический метод расчета подтверждает правильность аналитического расчета.

Режим противовключения.

1. В режиме противовключения начальный тормозной ток

$$I_{нач.торм} = -U_n + E/R_a + R_{пр},$$

тогда

$$R = U_n + E/I_{нач.торм} - R_a$$

где E - э.д.с. двигателя при скорости вращения, соответствующей заданной статической нагрузке двигателя на естественной характеристике

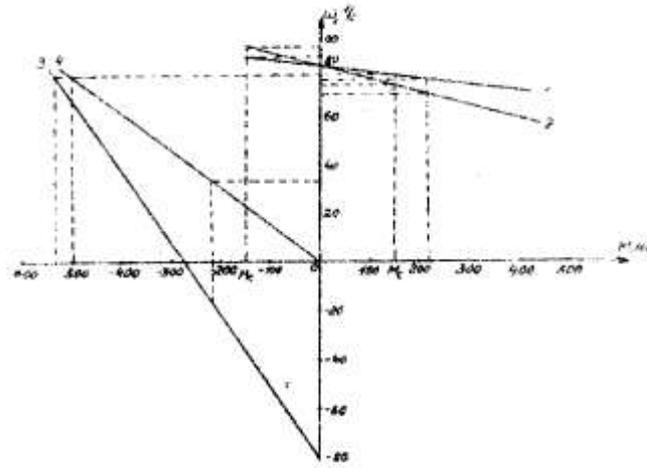


Рис. 1. Механические характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

$$E = k\phi\omega_e = 2.75 \cdot 76.5 = 210 \text{ В}$$

У двигателей параллельного возбуждения при постоянном магнитном потоке момент прямо пропорционален току, поэтому при

$$M_{\text{нач.торм}} = 2.5 M_n = 2.5 \cdot 215 = 536 \text{ Нм}$$

$$I_{\text{нач.торм}} = 2.5 I_n = 2.5 \cdot 85 = 212 \text{ А}$$

Тогда

$$R_{\text{пр}} = 220 + 210/212 - 0.177 = 1.843 \text{ Ом.}$$

2. При окончании торможения (скорость равна нулю) $E = 0$, тогда

$$I_{\text{кон.торм}} = -220/0.177 + 1.843 = -109 \text{ А,}$$

или

$$I_{\text{крн.торм}} = I_{\text{крн.торм}}/I_n = 109/85 = 1.28 \text{ А,}$$

тогда

$$M_{\text{кон.торм}} = 1.28 M_n,$$

$$M_{\text{кон.торм}} = 1.28 \cdot 215 = 276 \text{ Н·м}$$

3. Механическая характеристика двигателя в режиме противовключения определяется уравнением

$$\omega = \frac{U}{k\phi} + \frac{R_a + R_{\text{доб}}}{(k\phi)^2} M$$

Координаты первой точки характеристики уже определены

$$\omega_0 = -80 \text{ 1/с, } M = 0$$

Координаты второй точки характеристики

$$M = -M_n = -215 \text{ Нм}$$

$$\omega = -\frac{U}{k\phi} + \frac{R_a + R_{\text{доб}}}{(k\phi)^2} M_n = \frac{220}{2.75} + \frac{0.177}{843} \cdot 215 = 22 \text{ 1/с}$$

По известным координатам отроим механическую характеристику двигателя (3) в режиме противовключения (рис. 1.2) и определяем по этой характеристике начальный и конечный тормозные моменты

$$M_{\text{нач.торм}} = -540 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{кон.торм}} = -280 \text{ Нм}$$

Графический метод подтверждает правильность аналитического расчета.

Режим генераторного торможения

1. Скорость вращения двигателя на естественной характеристике определяется из уравнение механической характеристики двигателя в режиме генераторного торможения.

$$w_{ez} = \frac{U_n}{k\phi} + \frac{R_a}{(k\phi)^2} M_c$$
$$w_{ez} = \frac{220}{2,75} = \frac{0,177}{2,75^2} \cdot 150 = 83,5 \text{ 1/с}$$

2. Скорость вращения двигателя на искусственной характеристике

$$w_{uz} = \frac{U_n}{k\phi} + \frac{R_a + R_{доб}}{(k\phi)^2} M_c$$
$$w_{ez} = \frac{220}{2,75} = \frac{0,177 + 0,2}{2,75^2} \cdot 150 = 87,5 \text{ 1/с}$$

Как видим, при введении в цепь якоря дополнительного сопротивления скорость вращения двигателя в режиме генераторного торможения, в отличие от двигательного, возрастает. Это объясняется тем, что в режиме генераторного торможения двиттель работает генератором, а для генератора сопротивление цепи якоря является нагрузкой. При увеличении сопротивления нагрузка генератора уменьшается и поэтому скорость вращения увеличивается.

Графически механические характеристики двигателя в режиме генераторного торможения с отдачей энергии в сеть являются продолжением характеристик двигательного режима в область квадранта II (см. рис. 2).

Для того чтобы проверить правильность аналитического расчета, по этим характеристикам определим требуемые скорости вращения двигателя при заданном статическом моменте $\omega_{ег}=83 \text{ 1/с}$, $\omega_{иг}=87 \text{ 1/с}$.

Режим динамического торможения

1. В режиме динамического торможения начальный тормозной ток

$$I_{нач.торм} = \frac{E}{R_a + R_{доб}}$$

Тогда

$$R_{дин} = \frac{E}{I_{нач.торм}} - R_a$$

где $E = 210\text{В}$

При $M_{нач.торм} = 2,2 M_H$

$$I_{нач.торм} = 2,2 \cdot I_H = 2,2 \cdot 85 = 187 \text{ А}$$

тогда

$$R_{дин} = \frac{210}{187} - 0,177 = 0,943 \text{ Ом}$$

2. Механическая характеристика двигателя в режиме динамического торможения строится по уравнению

$$\omega = - \frac{R_a + R_{дин}}{(k\phi)^2} M$$

Координаты первой точки характеристики

$$M=0, \omega=0.$$

Координаты второй точки характеристики

$$M = -M_H = -215 \text{ Нм}$$

$$\omega = \frac{0,177 + 1,943}{2,75^2} \cdot 215 = 31,8 \text{ 1/с}$$

Далее по известным координатам строим механическую характеристику двигателя в режиме динамического торможения и определяем по ней начальный тормозной момент.

$$M_{\text{нач.торм}} = 500 \text{ Н м}$$

или

$$M_{\text{нач.торм}} = 500/215 = 2,32 M_n$$

что подтверждает правильность аналитического расчета.

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

оценка «**отлично**» выставляется студенту, если расчетная и графическая части выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практическое занятие № 36

Расчет и построение механических характеристик ДПТ последовательного возбуждения

Цель работы: 1. Повторить теоретический материал по теме «Механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения»

2. Научиться рассчитывать и строить механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы

Задание:

1. Повторить теоретический материал.

2. Рассчитайте и постройте естественную и искусственную (при введении резистора в цепь якоря) механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Определите графически и аналитически скорость вращения двигателя при работе на естественной и искусственной механических характеристиках при заданной нагрузке.

Порядок выполнения работы:

1. Повторение теоретического материала.

2. Расчет и построение механических характеристик ДПТ ПВ

а) в двигательном режиме;

б) в режиме динамического торможения.

3. Сделать вывод.

Ход работы.

Пример выполнения задания.

Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения имеет следующие номинальные каталожные данные: напряжение $U_n = 220\text{В}$, мощность $P_n = 3\text{ кВт}$, скорость вращения $\omega_n = 101\text{ 1/с}$, ток $I_n = 19\text{ А}$, сопротивление цепи якоря $R_d = R_a + R_{д.п} + R_{пос} = 2\text{ Ом}$.

Постройте естественную механическую характеристику двигателя $\omega = f(M)$.

Универсальные механические характеристики двигателя смотрите по каталогу.

Определите также скорость вращения двигателя при моменте нагрузки, равном 0,8 номинального, в случае введения в цепь якоря дополнительного сопротивления $R_{доп} = 4\text{ Ом}$.

Решение:

Для построения естественной механической характеристики необходимо определить координаты w и M ряда точек характеристики, для чего следует, задаваясь значениями момента в долях от 0,1 до 2, определить сначала по характеристике $M^d = f(I^d)$ соответствующие значения тока в долях, а затем по электромеханической характеристике $M^d = f(I^d)$ определить значение скорости вращения двигателя в долях. Далее определяем значение скорости вращения и момента в именованных величинах.

$$M = M^d \cdot M_n, \quad \omega = \omega^d \cdot \omega_n$$

$$M_n = 10^3 \frac{P_n}{\omega_n} = 10^3 \cdot \frac{3}{101} = 29,6\text{ Нм}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 1 и строим естественную механическую характеристику двигателя (рис. 1).

№	M^*	I^*	n^*	$M, \text{Нм}$	$\omega, \text{р/с}$
1	2	1,7	0,82	59,6	82,5
2	1,6	1,45	0,88	47,5	88,5
3	1,2	1,15	0,95	35,8	96
4	1,0	1,0	1,0	29,8	101
5	0,8	0,85	1,05	23,8	106
6	0,4	0,5	1,3	11,8	131
7	0,2	0,35	1,6	5,95	164
8	0,1	0,22	2	2,98	202

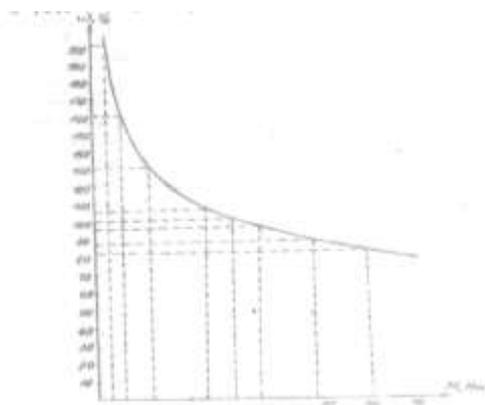


Рисунок 1. Механическая характеристика двигателя последовательного возбуждения

Скорость вращения двигателя при работе на искусственной характеристике

$$w_u = w_e \frac{U - I(R_\delta + R_{\text{доб}})}{U - I \cdot R_\delta}$$

где w_e – скорость вращения двигателя при работе на естественной характеристике при токе I .

Для $M_c = 0,8$; $M_H = 0,8 \cdot 29,6 = 23,6$ Нм по кривой (рис. 1.5) определяем $\omega_e = 106$ 1/с, а по кривой (см. рис.1.3) определяем $I^H = 0,85$, тогда $I = 0,85 \cdot I_H = 16,2$ А (табл. I). Следовательно,

$$w_u = 106 \frac{220 - 16,2 \cdot (2 + 4)}{220 - 16,2 \cdot 2} = 72,3 \text{ 1/с}$$

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная и графическая части выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практическое занятие № 37

Расчет и построение механических характеристик асинхронного двигателя

Цель:

- 1.Повторить теоретический материал по теме «Механические характеристики асинхронного двигателя»
- 2.Научиться рассчитывать и строить механические характеристики асинхронного двигателя.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы

Задание:

- 1.Повторить теоретический материал.
2. Рассчитать и построить естественную и искусственную механические характеристики асинхронного двигателя. Определите графически и аналитически скорость вращения двигателя при работе на естественной и искусственной механических характеристиках при заданной нагрузке.

Порядок выполнения работы:

- 1.Повторение теоретического материала.
- 2.Расчет и построение механических характеристик асинхронного двигателя
 - а) в двигательном режиме;

- б) в режиме динамического торможения.
 в) в режиме рекуперативного торможения
 3. Сделать вывод.

Ход работы.

Пример выполнения задания.

Дано: $P_n = 2,8$ кВт; $\omega_n = 152,3$ р/с; $\cos\varphi = 0,8$; $\eta = 0,85$; $U = 380$ В.

$$\lambda_m = \frac{M_{\max}}{M_n} = 2$$

Статор $I_{н.с} = 8$ А; $I_{х.с} = 6$ А; $R_c = 3,4$ Ом.

Ротор $E_{нр} = 135$ В; $I_{нр} = 12$ А; $R_p = 0,7$ Ом.

Решение:

1. Определяем координаты трех характерных точек механической характеристики:

Первая точка:

- а) момент $M = 0$;
 б) скольжение $S = 0$.

Вторая точка:

а) номинальный момент двигателя

$$M_n = 10^3 \frac{P_n}{\omega_n} = 10^3 \frac{2,8}{152} = 18,3 \text{ Нм}$$

б) номинальное скольжение

$$S_n = \frac{157,5 - 152,3}{157,5} = 0,033$$

где $\omega_1 = 0,105 \cdot \eta_1 = 0,105 \cdot 1500 = 157,5$ р/с - синхронная скорость вращения. Третья точка:

а) максимальный момент двигателя

$$M_{\max} = 2 \cdot 18,32 = 36,62 \text{ Нм};$$

б) критическое скольжение (скольжение, соответствующее $M = M_{\max}$)

$$S_k = S \left(\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1} \right) = 0,033 \left(2 + \sqrt{2^2 - 1} \right) = 0,12$$

2. Задаваясь величиной скольжения в долях согласно табл.2 и подставляя эти значения в уравнение механической характеристики

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{S_k}{S} + \frac{S}{S_k}}$$

$$M = \frac{2 \cdot 36,6}{\frac{0,12}{S} + \frac{S}{0,12}} = \frac{73,2}{\frac{0,12}{S} + \frac{S}{0,12}}$$

найдем соответствующие значения моментов.

3. Определяем значение скорости, соответствующее заданному скольжению, по формуле

$$\omega = \omega_1(1 - S) = 157,5(1 - S).$$

Результаты расчета сводим в табл. 2 и строим естественную механическую характеристику (рис. 6).

Таблица 2

Скольжение	0	0,02	0,033	0,07	0,1	0,12	0,15	0,4	0,7	1,0
------------	---	------	-------	------	-----	------	------	-----	-----	-----

Момент, Нм	0	12,04	18,3	31,4	35,5	36,6	35,2	20,4	12,2	8,65
Скорость вращения, 1/с	157,5	154,5	152,3	147	141,8	138,6	134	94,5	47,3	0

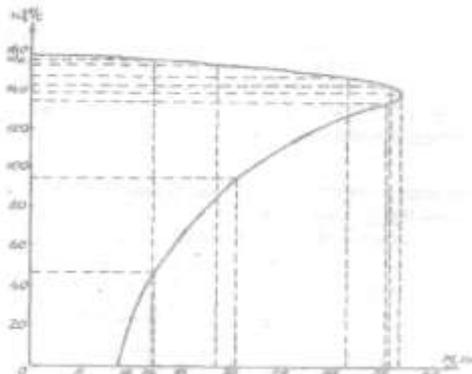


Рис.1. Механическая характеристика асинхронного двигателя

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная и графическая части выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практическое занятие № 38

Расчет и построение механических характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения при регулировании скорости

Цель: 1.Повторить теоретический материал по теме «Регулирование скорости двигателя постоянного тока»

2.Научиться рассчитывать и строить механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при различных способах регулирования.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы

Задание:

1.Повторить теоретический материал.

2. Постройте искусственную механическую характеристику двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослабленном магнитном потоке и изменении

напряжения. Определите графически и аналитически скорость вращения двигателя при работе на искусственной механической характеристике при заданной нагрузке.

Порядок выполнения работы:

1. Повторение теоретического материала.
2. Расчет и построение механических характеристик ДПТ НВ
 - а) в двигательном режиме;
 - б) при ослабленном магнитном потоке.
 - в) при изменении напряжения.
3. Сделать вывод .

Ход работы.

Пример выполнения задания.

Решение:

Для построения естественной характеристики необходимо определить координаты двух точек:

$$1т. (\omega = \omega_0; M=0)$$

$$2т. (\omega = \omega_e; M=M_H)$$

Скорость холостого хода определяется

$$\omega_0 = \frac{U}{k\phi} = \frac{220}{1,58} = 139,2 \text{ 1/с}$$

$$k\phi = \frac{U_n - I_n R_a}{\omega_n} = \frac{220 - 14,6 \cdot 1,63}{124} = 1,58 \text{ Вс / рад}$$

Координаты второй точки естественной характеристики:

Номинальный момент:

$$M_H = \frac{P_n}{\omega_n} \cdot 10^3 = \frac{2,5}{124} \cdot 10^3 = 20,16 \text{ Нм}$$

Скорость на естественной характеристике.

$$\omega_e = \frac{U_n}{k\phi} - \frac{R_a}{(k\phi)^2} M$$

$$\omega_e = \frac{220}{1,58} - \frac{1,63}{1,58^2} \cdot 20,16 = 126 \text{ 1/с}$$

Для построения характеристики при ослаблении магнитного потока необходимо определить координаты двух точек:

$$1т. (\omega = \omega_{01}; M=0)$$

$$2т. (\omega = \omega_u; M=M_H)$$

Скорость холостого хода при ослабленном магнитном потоке

$$\omega_{01} = \frac{U}{\beta \cdot k\phi} = \frac{220}{0,5 \cdot 1,58} = 278,5 \text{ 1/с}$$

Скорость при ослаблении магнитного потока

$$\omega_u = \frac{U_n}{\beta \cdot k\phi} - \frac{R_a}{\beta \cdot (k\phi)^2} M$$

$$\omega_u = \frac{220}{0,5 \cdot 1,58} - \frac{1,63}{0,5 \cdot 1,58^2} \cdot 20,16 = 252,17 \text{ 1/с}$$

Далее по известным координатам строим механическую характеристику двигателя.

Определяем скорость двигателя по характеристике при заданной нагрузке

$$M = 0,8 M_H = 0,8 \cdot 20,16 = 16,12 \text{ Нм}$$

$$\omega_n = 250 \text{ р/с.}$$

Графический метод подтверждает правильность аналитического расчета.

Механическая характеристика представлена на рисунке 1.7.

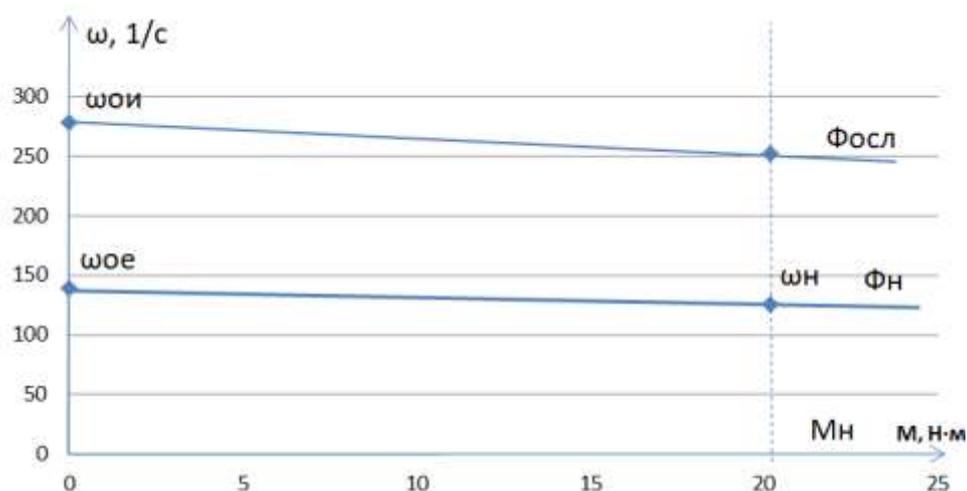


Рис.1. Механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослаблении магнитного потока

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная и графическая части выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практическое занятие № 39

Расчет мощности и выбор двигателя методом эквивалентных величин.

Цель:

1. Повторить теоретический материал по теме «Выбор двигателей».
2. Научиться рассчитывать мощность и выбирать двигатели механизмов прокатных станов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению работы

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. По данным постройте график нагрузки $M=f(t)$, определите величину эквивалентного момента и выберите предварительно двигатель постоянного тока последовательного возбуждения (по каталогу для двигателей повторно-кратковременного режима). Частотой вращения двигателя задайтесь самостоятельно

Порядок выполнения работы:

1. Повторить теоретический материал.
2. Построить нагрузочную диаграмму.
3. Определить мощность двигателя.
4. Произвести выбор двигателя.
5. Проверить двигатель по нагреву и перегрузочной способности.

Ход работы.

Пример выполнения задания.

Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения приводит в действие производственный механизм с реактивной нагрузкой. График нагрузки $M = f(t)$ представлен на рис. 9. Рассчитайте потребную мощность и выберите двигатель по каталогу. Моменты нагрузки $M_1 = 98,1 \text{ Нм}$; $M_2 = 48 \text{ Нм}$; $M_3 = 196 \text{ Нм}$; $M_4 = 147 \text{ Нм}$. Время работы $t_{p1} = t_{p3} = t_{p4} = 2 \text{ с}$; $t_{p2} = 4 \text{ с}$. время пауз $t_{o1} = t_{o2} = 10 \text{ с}$. время цикла $T_{ц} = 30 \text{ с}$.

Решение

Предварительный выбор двигателя по мощности

I. Определяем расчетную продолжительность включения

$$ПВ_p = \frac{\sum t_{раб}}{T_{цикла}} \cdot 100 = \frac{2+4+2+2}{30} \cdot 100 = 33,3\%$$

II. Эквивалентный момент расчётного периода

$$M_{эkv} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_{p1} + M_2^2 t_{p2} + M_3^2 t_{p3} + M_4^2 t_{p4}}{t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{p4}}}$$

$$M_{эkv} = \sqrt{\frac{98,1^2 \cdot 2 + 48^2 \cdot 4 + 196^2 \cdot 2 + 147^2 \cdot 2}{2+4+2+2}} = 122 \text{ Нм}$$

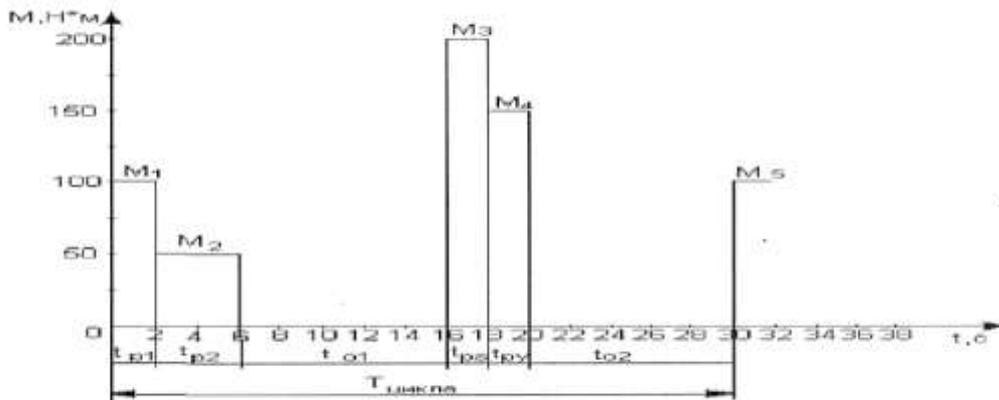


Рис. 2.1. Нагрузочная характеристика двигателя

3. Приводим эквивалентный момент к стандартному значению ПВ

$$M_{эkv.пр} = M_{эkv} \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ_{ст}}}$$

где $ПВ_{ст}$ - стандартное значение ПВ, принимаем $ПВ = 25\%$.

Тогда

$$M_{эkv.пр} = 122 \sqrt{\frac{33,3}{25}} = 139 \text{ Нм}$$

4. Задаемся скоростью вращения (по каталогу) $\omega = 122 \text{ 1/с}$ ($n = 1160 \text{ об/мин}$) и определяем эквивалентную приведенную мощность

$$P_{\text{экв.пр}} = M_{\text{экв.пр}} \cdot \omega \cdot 10^{-3} = 139 \cdot 122 \cdot 10^{-3} = 17 \text{ кВт.}$$

5. По каталогу на двигатели повторно-кратковременного ре жима при ПВ = 25%, выбираем двигатель параллельного возбуждения типа ДП-41.

$$U_n = 220 \text{ В, } P_n = 22 \text{ кВт, } I_1 = 114 \text{ А, } \omega_n = 122 \text{ 1/с,}$$

$$J = 0,8 \text{ кг м}^2.$$

6. Выбранный двигатель проверяем на перегрузочную способность по условию

$$\lambda \geq \frac{M_{\text{макс.нагр}}}{M_n}$$

где $M_{\text{макс.нагр}} = 196 \text{ Нм}$

λ - перегрузочная способность двигателя, $\lambda = 2,5 > 196/182 = 1,08$.

Вывод. Выбранный двигатель проходит по условиям перегрузочной способности.

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная и графическая части выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практическое занятие № 40

Изучение схемы управления двигателям постоянного тока

Цель: 1.Повторить ранее изученный материал по теме «Типовые узлы схем управления двигателями постоянного тока»

2. Изучить принцип действия схемы управления двигателям постоянного тока

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение:

инструкция по выполнению работы.

Задание:

1.Повторить теоретический материал

2.Изучить принцип действия схемы управления двигателям постоянного тока

Порядок выполнения работы:

1.Повторение теоретического материала

2.Начертить схему управления двигателям постоянного тока

3.Изучить принцип действия схемы управления двигателям постоянного тока

4. Ответы на контрольные вопросы

Ход работы:

Схема предусматривает автоматизацию процесса пуска и реверса двигателя. Автоматизация пуска осуществляется с помощью электромагнитных реле времени РУ1 и РУ2.

Процесс реверса управляется двумя реле противовключения РПВ и РПН в функции ЭДС.

Для пуска двигателя вперед или назад, а так же для реверса служит командоконтроллер, имеющий три положения:

Вперед, Нулевое положение, Назад: Силовые цепи и цепи управления двигателя подключаются к сети постоянного тока выключателем В1 и В2

Пуск двигателя осуществляется поворотом рукоятки командоконтроллера. Последовательность работы аппаратов при пуске: в нулевом положении рукоятки командоконтроллера его контакт ККО замкнут и обмотка реле РН находится под напряжением, поэтому контакт РН шунтирует ККО. Далее контакт ККО открывается, но катушка реле РН и все цепи управления получают питание через закрывшийся контакт РН. При понижении напряжения или срабатывания максимальной защиты контакт РН открывается и прекратится подача напряжения в цепи управления, что приведет к остановке двигателя. В положении рукоятки командоконтроллер «Вперед» или «Назад» замыкается контакт КЛ и одна из пар контактов реверсивных контакторов, которые подводят напряжение к обмотке якоря двигателя, В начале пуска в цепь двигателя введены обе ступени пускового резистора и ступень противовключения. Катушка одного из реле РПВ и РПН подключается блок-контактами КВ 1 или КН1 к сети и реле закрывают свои контакт в цепи управления. Контакт противовключения КН закрывает свой контакт и шунтирует ступень противовключения, а так же катушку реле ускорения РУ 1. Реле РУ 1 теряет питание и закрывает с выдержкой времени свой размыкающийся контакт в цепи катушки КУ1. Контакт ускорения закрывает замыкающий контакт КУ1 в силовой цепи и шунтирует первую ступень пускового резистора. Одновременно шунтируется реле ускорения РУ2, которое с выдержкой времени закрывает свой контакт РУ2 и включает контактор КУ2. Этот контактор шунтирует вторую ступень пускового резистора и закончится процесс пуска. Реверсирование двигателя осуществляется переводом рукоятки командоконтроллера из положения «Вперед» в положение «Назад» или, наоборот, в зависимости от того, какое положение занимал командоконтроллер до переключения. При этом сначала будет осуществляться торможение противовключением, а затем пуск в обратном направлении.

Контрольные вопросы:

1. Рассказать работу схемы.
2. Перечислить наименование аппаратов.
3. Как осуществляется пуск по данной схеме.
4. Как осуществляется реверс по данной схеме.

Форма представления результата: защита практической работы

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания практической работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

3 (удовлетворительно): выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 41

Изучение схемы управления двигателям переменного тока

Цель: 1. Повторить ранее изученный материал по теме «Типовые узлы схем управления двигателями переменного тока»

2. Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока

Выполнив работу, Вы будете:

Реверсирование двигателя производится путем переключения командоконтроллера из положения *Вперед* в положение *Назад*. Во время прохождения командоконтроллера в нулевое положение система управления возвращается в исходное состояние. Переход на положение *Назад* сопровождается включением контакторов *КЛ* и *КН*, которые изменяют чередование фаз на статоре двигателя. При этом возникает режим противовключения, так как ротор двигателя продолжает еще вращаться по инерции в прежнем направлении.

После включения контактора *КН* и реле *РБ* контактор *КП* не включается, так как в начале торможения напряжение на кольцах достаточно велико — *РП* срабатывает его контакт размыкается. Поэтому при торможении в цепь ротора будут включены и пусковой резистор, и ступень противовключения.

При переводе рукоятки командоконтроллера в положение *Назад* реле противовключения *РП* только тогда замкнет свой размыкающий контакт и обеспечит включение контактора *КП*, а затем и контакторов ускорения, когда напряжение в роторе спадет до значения, соответствующего напряжению в начале пуска; это произойдет при угловой скорости двигателя, близкой к 0. Затем последовательно включаются аппараты управления, порядок работы которых был изложен выше.

Реле блокировки *РБ* создает некоторую выдержку времени до включения контактора *КП*, необходимую чтобы реле *РП* в начале торможения успело открыть свой размыкающий контакт. При отсутствии такой выдержки времени контактор *КП* может включиться раньше срабатывания реле *РП*, что приведет к возникновению тока аварийного значения и отключению двигателя защитой.

Контрольные вопросы:

1. Рассказать работу схемы.
2. Перечислить наименование аппаратов.
3. Как осуществляется пуск по данной схеме.
4. Как осуществляется реверс по данной схеме.

Форма представления результата: защита практической работы

Критерии оценки: «5» (отлично): выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания практической работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

3 (удовлетворительно): выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 42

Изучение схемы управления с логическими элементами

Цель: 1. Повторить ранее изученный материал по теме «Системы управления с логическими элементами»

2. Изучить принцип действия схемы управления логическими элементами .

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение:

инструкция по выполнению работы.

Задание:

1. Повторить теоретический материал

2. Изучить принципа действия схемы управления логическими элементами

Порядок выполнения работы:

1. Повторение теоретического материала
2. Начертить схему управления с логическими элементами

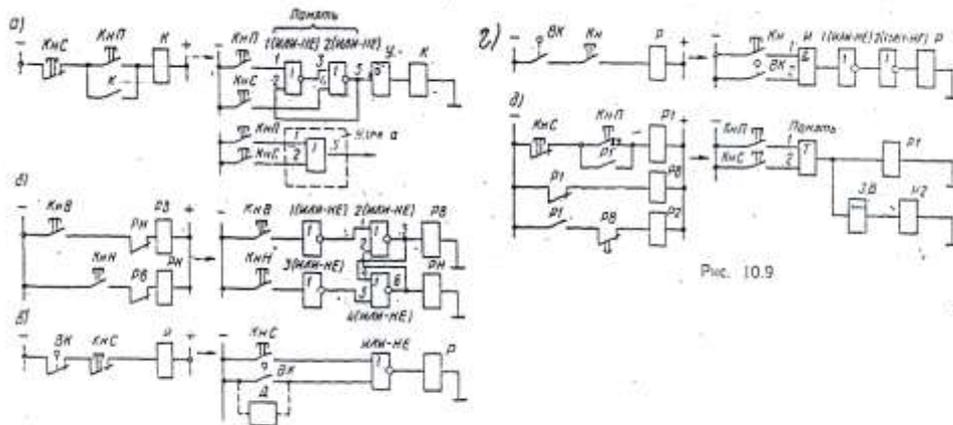


Рис. 10.9

3. Изучить принцип действия схем управления с логическими элементами

4. Ответы на контрольные вопросы

Ход работы:

На рисунке изображены пять типичных узлов схем с бесконтактными логическими элементами. С целью большей наглядности для каждого узла приведен соответствующий узел схемы выполненный с применением контактных реле. Схемы на рисунке *a* обеспечивают включение контактора *K* при нажатии на кнопку *KnП* и сохранение его во включенном состоянии после отпускания кнопки. Для отключения контактора нужно нажать на кнопку *KnС*.

В исходном состоянии схемы с логическими элементами на входы 1 и 2 элементов 1 (ИЛИ - НЕ) поданы сигналы "0", поэтому на входе 1 элемента 2 (ИЛИ - НЕ) существует сигнал "1" и на его выходе 5 который соединен со входом 2 элемента 1 (ИЛИ - НЕ) - сигнал "0".

Следовательно на входе усилителя *У* напряжение равно нулю и контактор *K* не включен. При нажатии на кнопку *KnП* на вход 1 элемента 1 (ИЛИ - НЕ) подается сигнал "1", на выходе этого элемента, т.е. на входе 3 элемента 2 (ИЛИ - НЕ), возникает сигнал "0". Поэтому на выходе 5 элемента 2 (ИЛИ - НЕ) появляется сигнал "1", который подается на вход усилителя *У* и на вход 2 элемента 1 (ИЛИ - НЕ). Таким образом, если на входе усилителя *У* существует сигнал "1". (входное напряжение, по величине достаточное для того, чтобы выходное напряжение усилителя превышало напряжение срабатывания контактора *K*), то контактор *K* включается и остается включенным и после отпускания кнопки *KnП*, так как элемент 1(ИЛИ — НЕ) сохраняет на своем выходе сигнал «0». Схема «запомнила» команду "Пуск"

При нажатии на кнопку *KnС* на входе 4 элемента 2(ИЛИ — НЕ) появляется сигнал «1», следовательно, на выходе 5 этого элемента создается сигнал «0». Это приводит к отключению контактора *K* возврату элемента 1 (ИЛИ — НЕ) в исходное состояние (на его входах сигналы «0», а на выходе 3 сигнал«1»). Поэтому после отпускания кнопки *KnС* на выходе элемента 2(ИЛИ — НЕ) остается сигнал «0».

Элементы 1(ИЛИ—НЕ) и 2(ИЛИ—НЕ), соединенные по указанной схеме, образуют типовую ячейку *память*. Сигнал "1" на входе 1 этой ячейки соответствует включению памяти, сигнал «1» на входе 2 — отключению ее.

Функция памяти может быть осуществлена также при помощи бесконтактного элемента *T* (триггера) — см. *Узел а* на рис. 10.9,а. При нажатии на кнопку *КнП* на вход 1 триггера подается сигнал «1», поэтому на выходе 3 триггера возникает сигнал «1», сохраняющийся и после отпускания кнопки *КнП*. При нажатии на кнопку *КнС* на вход 2 триггера подается сигнал «1», что приводит к переключению триггера и появлению на его выходе 3 сигнала «0», остающегося также после отпускания кнопки *КнС*. Новое нажатие на кнопку *КнП* опять приводит к переключению триггера, появлению на его выходе сигнала "1" и т. д.

Схемы на рис. б осуществляют включение реле *PВ* и *PН* после нажатия на соответствующую кнопку *КнВ* (вперед) или *КнН* (назад) и блокировку, предотвращающую одновременное включение обоих реле. В схеме с логическими элементами эта блокировка обеспечивается при включении реле *PВ* или *PН* подачей сигнала "1", соответственно с выхода 3 элемента 2(ИЛИ—НЕ) на вход 4 элемента 4(ИЛИ—НЕ) или, наоборот, с выхода 6 элемента 4(ИЛИ—НЕ) на вход 2 элемента 2(ИЛИ—НЕ). Таким образом, если нажата, например, кнопка *КнВ* и включено, реле *PВ*, то после нажатия на кнопку *КнН* и появления на выходе 5 элемента 3(ИЛИ—НЕ) сигнала «0», на выходе 6 элемента-4(ИЛИ—НЕ) по-прежнему останется, сигнал «0», поскольку на его вход 4 подан сигнал «1».

В схемах на рис. в осуществляется отключение реле *P* после , нажатия на кнопку *КнС* или срабатывания конечного выключателя *ВК*. В схеме с логическими элементами сигналы "1" от замыкающих контактов кнопки *КнС* и конечного выключателя *ВК* (или от бесконтактного конечного выключателя — датчика *Д*) подаются на входы 1 и 2 элемента ИЛИ—НЕ. Поэтому при появлении сигнала «1» на любом из этих входов на выходе элемента ИЛИ—НЕ возникает сигнал "0", и реле *P* отключается.

В схемах на рис. г включение реле *P* возможно при нажатии на кнопку *КН* лишь при условии, что конечный выключатель *ВК* нажат. В бесконтактной схеме для обеспечения этого условия входы 1 и 2 элемента *И* включены через замыкающие контакты кнопки *Кн* и конечного выключателя *ВК*. Только при одновременном существовании на обоих входах элемента *И* сигнала «1» появляется сигнал «1» на его выходе, поэтому становится возможным появление сигнала «1» на выходе элемента 2(ИЛИ—НЕ) и включение реле *P*.

В схемах на рис. 10,9,д выполняется следующий цикл работы схемы: при нажатии на кнопку *КнП* включается реле *P1* и. затем с определенной выдержкой времени включается реле *P2*. После нажатия на кнопку *КнС* (или срабатывания, например, конечного выключателя) реле *P1* и *P2* отключаются. В схеме с логическими элементами предусмотрена ячейка *память* (например, триггер *T*). При нажатии на кнопку *КнП* реле *P1* включается и остается включенным, поскольку на выходе триггера сохраняется сигнал «1». Этот сигнал подается на обмотку реле *P2* через элемент времени *ЭВ*, на выходе которого сигнал «1» появляется с выдержкой времени, начиная с момента появления на входе *ЭВ* сигнала «1». Такие узлы схем с логическими элементами широко используют при составлении более сложных схем автоматического управления. На базе использования полупроводниковых триггерных ячеек и других логических элементов разработаны и выпускаются промышленностью разнообразные счетные устройства. Отметим также, что сложные схемы управления с большим числом реле, датчиков, командных аппаратов, выходных устройств (контакторов, электромагнитов, бесконтактных силовых коммутационных аппаратов и т. д.) в случае применения бесконтактных логических элементов получаются не только надежнее, но и проще.

Контрольные вопросы:

1. Рассказать работу схемы.

2.Перечислить наименование аппаратов.

3.Как осуществляется работа по данным схемам.

Форма представления результата: защита практической работы

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания практической работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

3 (удовлетворительно): выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 43

Изучение схемы управления с частотным управлением

Цель:

1. Повторить ранее изученный материал по теме «Типовые узлы схем управления замкнутых систем управления».

2. Изучить принцип действия схемы параметрического управления асинхронными двигателями.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Задание:

1. Повторить теоретический материал.
2. Изучить принцип действия схемы.

Порядок выполнения работы:

1. Повторить теоретического материала.
2. Изучить принципа действия схемы управления.
3. Сделать вывод.

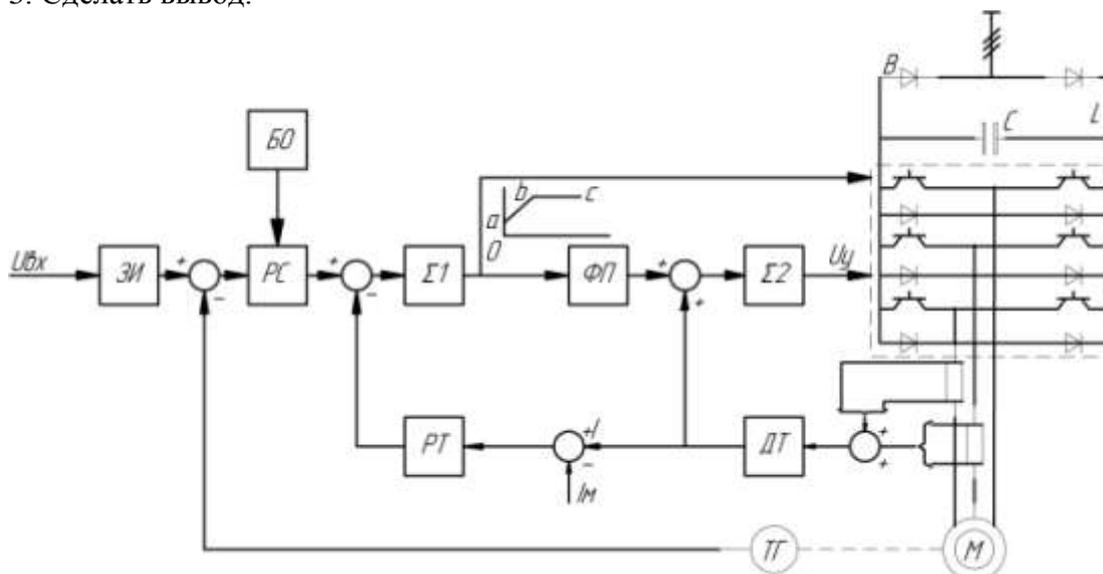


Рисунок 1 – Схема параметрического управления асинхронными двигателями

Ход работы.

С использованием этого принципа построены многие частотно-регулируемые асинхронные электроприводы. В них за счет использования различных обратных связей и функциональных блоков формируются жесткие рабочие участки механических характеристик двигателя для качественного регулирования его скорости, ограничивается ток и момент и обеспечивается требуемое соотношение между регулируемой частотой и напряжением.

В качестве силового преобразователя используется преобразователь частоты со звеном постоянного тока, состоящий из неуправляемого выпрямителя В и инвертора напряжения, выполненного на шести силовых модулях, состоящих из транзистора и диода. Между выпрямителем и инвертором включен фильтр, состоящий из реактора L и конденсатора С, обеспечивающий сглаживание выходного напряжения выпрямителя и необходимую циркуляцию реактивной энергии в силовой части схемы.

Инвертор работает в режиме широтно-импульсной модуляции и преобразует нерегулируемое напряжение постоянного тока на выходе фильтра в регулируемое по частоте и амплитуде напряжение на статоре двигателя М. Силовая схема электропривода не реверсивная и не предусматривает электрического торможения.

Управление инвертором осуществляется сигналами f_u и U_u , определяющими значения выходных частоты и напряжения преобразователя частоты. Формирование этих сигналов осуществляется схемой управления, в состав которой входят регулятор скорости РС, регулятор тока РТ, датчики скорости ТГ и тока ДТ, суммирующие усилители (пропорциональные регуляторы) Σ_1 и Σ_2 ;

Регулятор скорости РС в совокупности с задатчиком интенсивности ЗИ и сумматором Σ_1 обеспечивает требуемое регулирование скорости и ускорения двигателя в установившемся и переходных режимах работы электропривода с помощью сигнала f_u .

Ограничение тока статора и момента двигателя производится регулятором тока РТ: когда ток статора двигателя меньше тока уставки I_m , сигнал на выходе РТ равен нулю и схема управления обеспечивает режим поддержания заданной скорости. Когда ток статора превысит уставку тока I_m , резко увеличивается сигнал на выходе РТ, из-за чего снижается и сигнал на выходе сумматора Σ_1 . Это приводит к уменьшению частоты и напряжения на статоре двигателя и тем самым к ограничению тока статора и момента двигателя..

Функциональный преобразователь ФП, характеристика которого в виде ломанной линии $0abc$ обеспечивает требуемое соотношение между частотой и выходным напряжением преобразователя частоты. Отрезком $0a$ создается начальное напряжение на выходе преобразователя, необходимо для преодоления падения напряжения на обмотке статора двигателя при малых частотах напряжения. Участок ab обеспечивает пропорциональное изменение частоты и напряжения (закон частотного управления $U/f=\text{const}$), при котором магнитный поток двигателя поддерживается постоянным. На участке bc величина напряжения на статоре двигателя остается неизменной, хотя при этом его частота может увеличиваться.

Для уменьшения влияния падения напряжения в цепи статора на величину магнитного потока двигателя и тем самым на его момент в схеме предусмотрена положительная обратная связь по току (так называемая IR -компенсация), сигнал которой поступает на вход сумматора Σ_2 . При увеличении нагрузки на двигатель возрастает его ток и увеличивается сигнал U_u , за счет чего возрастает выходное напряжение преобразователя, и тем самым компенсируется падение напряжения в обмотке статора.

Контрольные вопросы:

1. Рассказать работу схемы.
2. Перечислить наименование аппаратов.

3. Как осуществляется работа по данной схеме.

Форма представления результата: решение поставленных задач

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практическое занятие № 44

Изучение схемы управления следящего электропривода.

Цель: 1. Повторить ранее изученный материал по теме «Типовые узлы и схемы управления замкнутой системой электропривода».

2. Изучить принцип действия схемы следящего электропривода постоянного тока релейного действия

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;

Материальное обеспечение: инструкция по выполнению работы.

Задание:

1. Повторить теоретический материал.

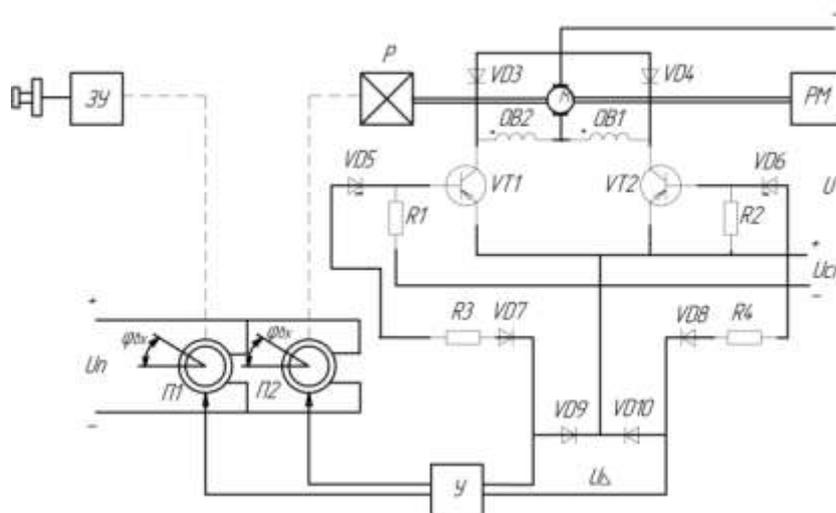
2. Изучить принцип действия схемы

Порядок выполнения работы:

1. Повторить теоретического материала.

2. Изучить принципа действия схемы управления.

3. Сделать вывод.



Ход работы:

В этой схеме электропривода используется двигатель постоянного тока последовательного возбуждения (М), имеющий две обмотки возбуждения ОВ1 и ОВ2. Управление двигателем осуществляется с помощью силовых транзисторов VT1 и VT2. Каждый из транзисторов работает при определенной полярности сигнала согласования U_{Δ} , обеспечивая одно из направлений вращения двигателя. Если открыт транзистор VT1, ток проходит по ОВ2 и двигатель вращается в одном направлении, если же открыт транзистор VT2, ток проходит по ОВ1 и он вращается в другом направлении. Направление тока якоря в обоих случаях остается неизменным.

Разрядные диоды VD3 и VD4 служат для снятия перенапряжений, возникающих при отключении обладающих значительной индуктивностью обмоток возбуждения якоря.

В рассматриваемом следящем электроприводе в качестве датчиков входной и выходной величин используются кольцевые потенциометры П1 и П2, которые образуют так называемый потенциометрический измеритель рассогласования.

Движок потенциометра П1 (датчика входной величины) связан с выходным валом задающего устройства ЗУ, который представляет собой в данном случае редуктор с ручным приводом. Движок потенциометра П2 (датчика выходной величины) связан с валом редуктора Р, расположенного на валу двигателя и рабочей машины РМ. Редукторы ЗУ и Р имеют одинаковое передаточное число. Питание потенциометров П1 и П2 осуществляется напряжением постоянного тока $U_{п}$.

Сигнал рассогласования U_{Δ}' снимается с движков потенциометров П1 и П2. При их одинаковом угле рассогласования $\Delta\phi = \phi_{вх} - \phi_{вых}$, сигнал $U_{\Delta}'=0$. При этом равен нулю и сигнал U_{Δ} на выходе усилителя У, оба транзистора закрыты и двигатель неподвижен.

При возникновении рассогласования между угловыми положениями движков потенциометров П1 и П2, вызванного поворотом рукоятки ЗУ, сигналы U_{Δ}' и U_{Δ} становятся отличными от нуля. В зависимости от полярности сигнала U_{Δ}' , которая определяется знаком угла рассогласования (ошибки) $\Delta\phi$, сигнал U_{Δ} подается на транзистор VT1 (по цепи диод VD10-стабилитрон VD5-резистор R3-диод VD7) или VT2 (по цепи диод VD9-стабилитрон VD6-резистор R4-диод VD8). Если этот сигнал превышает порог срабатывания стабилитронов VD5 или VD6, то соответствующий транзистор откроется, подключая двигатель к источнику питания с напряжением U. Двигатель начнет вращаться, поворачивая вал рабочей машины РМ и ось движка потенциометра П2 в направлении, при котором возникшее рассогласование в системе будет уменьшаться и стремиться к нулю. Когда сигнал U_{Δ} станет меньше напряжения открывания стабилитронов VD5 или VD6, работающий транзистор (VT1 или VT2) закроется и отключит двигатель от источника питания.

Таким образом, электропривод в данной схеме отрабатывает заданное перемещение $\phi_{вх}$ с некоторой погрешностью, обусловленной нечувствительностью системы из-за порога срабатывания стабилитронов VD5, VD6. Зону нечувствительности стараются делать возможно меньшей в пределах $2...3^{\circ}$ угла рассогласования. Однако снижение зоны нечувствительности может привести к возникновению нежелательного колебательного режима работы электропривода около положения равновесия. Эффективным средством устранения такого режима является введение в систему дополнительных сигналов по первой и второй производным сигнала рассогласования, а также использование электрического торможения после отключения двигателя.

Достоинства:

1. Простота и надежность

2. Возможность получения оптимальных траекторий движения исполнительных органов рабочей машины.

Недостатки:

1. Склонность к колебаниям
2. Наличие определенной нечувствительности (неточности) при слежении.

Форма представления результата: решение поставленных задач

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.2 Электрическое и электромеханическое оборудование.

Лабораторная работа № 26

Энергетические характеристики вентиляторной установки.

Цель: Исследование энергетических характеристик вентиляционной системы при различных законах регулирования давления и расхода воздуха: с помощью дросселирования и при регулировании скорости вращения вентилятора.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;
- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического

оборудования;

Материальное обеспечение:

Инструкция по выполнению работы, лабораторный стенд

Задание:

Изучить содержание данной работы и тему «Электрооборудование вентиляторных установок», быть готовым ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы:

При проведении работы дверцу шкафа управления разрешается открывать только в присутствии преподавателя. Для обеспечения полной работоспособности оборудования все автоматические выключатели, расположенные внутри шкафа управления, должны быть включены.

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести переключатели на дверце шкафа в исходное состояние:

- переключатель SA2 «управление», расположенный на элементе «управление задвижкой №1» перевести в положение «Руч»;
- переключатель SA3 «управление», расположенный на элементе «управление двигателем» перевести в положение «От Сети»;

- переключатель SA4 «управление», расположенный на элементе «управление преобразователем частоты» перевести в положение «Руч»;
- переключатель SA5 «разрешение ПЧ», расположенный на элементе «управление преобразователем частоты» перевести в положение «ОТКЛ»;
- потенциометры задания $RPI-RP3$ перевести в нулевое положение. Убедиться, что на распределительном шкафу подано питание на стенд, с которым предстоит работать в данной лабораторной работе.

В работе исследуются свойства асинхронного двигателя, каталожные данные которого приведены в таблице 1.

Таблица 1. Паспортные данные асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Наименование параметра	Значение
<i>Тип</i>	АИР63А2
Мощность, Вт	370
Номинальное напряжение питания обмотки статора, В, U	380
Номинальная частота вращения, об/мин	2730
Номинальный ток фазы статора, А, I	0,9
$\cos\phi$	0,84
Номинальный момент, Н м	1,3
Активное сопротивление статора r_1 , Ом	24
Механические потери, $P_{мех}$, Вт	15

1. Энергетические характеристики при управлении задвижками.

Дроссельное регулирование давления и расхода в вентиляторной установке является наиболее простым, однако и наименее экономичным ввиду того, что электродвигатель вентилятора всегда работает с номинальной скоростью. Измерение давления и расхода в лабораторном стенде осуществляется посредством датчика, расположенного непосредственно на модели вентиляционной системы. Датчик имеет два патрубка, подключенных в вентиляционную систему. При двух подключенных патрубках датчик измеряет разницу давлений в разных частях воздухопровода и на основании разницы давления определяет расход воздуха. Для измерения избыточного давления нижний патрубок извлекается из измерительного клапана и остается свободным. В этом случае измеряется разница между давлением воздуха в установке и давлением воздуха окружающей среды.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- подать питание на шкаф управления посредством кнопки «вкл», расположенной в блоке «питание электрошкафа», при этом убедиться, что кнопка аварийного отключения находится не во включенном состоянии;
- кнопкой «пуск» подать сетевое напряжение на электродвигатель;
- потенциометром RPI плавно открывать задвижку №2 от полностью закрытого состояния до полностью открытого, при этом фиксировать показания измерительных приборов;
- данные опыта занести в таблицу 2. Электрические величины регистрируются посредством измерителя мощности;
- потенциометром RPI закрыть задвижку №2;
- повторить предыдущий опыт для задвижки №1.

Таблица 2

Опытные данные					
n , об/мин					
U_c , В					
I_c , А					
L , м ³ /с					

P, Pa					
$P_{сети}, Вт$					
$S_c, ВА$					
Расчетные данные					
$\omega, 1/c$					
$P_B, Вт$					
η_B					

После проведения эксперимента перевести все переключатели и потенциометры в исходное состояние в порядке, обратном порядку включения. Отключить питание шкафа управления.

Расчетные данные.

Выходная мощность вентилятора, Вт:

$$P_B = P \cdot L$$

Частота вращения электродвигателя, 1/с

$$\omega = \pi \cdot n/30$$

Коэффициент полезного действия вентилятора:

$$\eta_B = P_B / P_c$$

2. Характеристики при переменной скорости вращения вентилятора.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- переключатель SA3 «управление», расположенный на элементе «управление двигателем» перевести в положение «От ПЧ»;
- закрыть дверцу шкафа управления, **при выполнении работы дверцу открывать разрешается только в присутствии преподавателя;**
- подать питание на шкаф управления посредством кнопки «вкл», расположенной в блоке «питание электрошкафа», при этом убедиться, что кнопка аварийного отключения находится не во включенном состоянии;
- подать разрешение на работу ПЧ;
- потенциометром аналогового задания увеличивать скорость вращения асинхронного электродвигателя до номинального значения; данные опыта занести в таблицу 3;

Таблица 3

Данные опыта					
$n, об/мин$					
$U_c, В$					
$I_c, А$					
$L, м^3/с$					
$P, Па$					
$P_c, Вт$					
$M_B, \%$					
Расчетные данные					
$\omega, 1/c$					
$P_B, Вт$					
$S_c, ВА$					
$\Delta P_{эл}, Вт$					
$P_{B2}, Вт$					
η_B					

Расчетные данные.

Выходная мощность вентилятора, Вт:

$$P_{\text{в}} = P \cdot L$$

Частота вращения электродвигателя, 1/с

$$\omega = \pi \cdot n / 30$$

Электрические потери в статорной обмотке двигателя, Вт:

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

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

$I_{\text{с}}$ – ток статора асинхронного двигателя, А.

Мощность на валу асинхронного двигателя, определяется из показателей ПЧ, Вт:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{дн}} \cdot M_{\text{в}} \cdot \omega / \omega_{\text{н}}$$

где $P_{\text{дн}}$ – номинальная мощность электродвигателя, Вт;

$\omega_{\text{н}}$ – номинальная частота вращения ротора, 1/с;

$M_{\text{в}}$ – показания момента на валу двигателя в процентах от номинального момента двигателя.

Активная выходная мощность ПЧ, Вт:

$$P_{\text{с}} = P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{эл}}$$

Коэффициент полезного действия вентилятора:

$$\eta_{\text{в}} = P_{\text{в}} / P_{\text{с}}$$

Контрольные вопросы

1. Какие способы регулирования давления и расхода в вентиляторных установках вы знаете?
2. Как взаимосвязаны давление и расход в центробежных вентиляторах?
3. Чем принципиально отличается регулирование давления воздуха от регулирования давления жидкости?
4. Для каких целей в лабораторной работе один из патрубков датчика отключается от вентиляционной системы?
5. Каким образом определяется расход из разницы давлений в различных частях воздухопровода? Укажите недостатки подобного метода.
6. Назовите типы датчиков давления и расхода, которые вам известны.
7. Что на рабочей характеристике показывает точка пересечения характеристик вентилятора и системы?

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе

Критерии оценки: «5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 27

Исследование процессов пуска и торможения кранового электропривода.

Цель: Исследовать формирование процессов пуска и торможения электродвигателя в системе ПЧ-АД.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;
- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению лабораторной работы, лабораторный стенд

Задание:

Изучить содержание данной работы и тему «Электрооборудование ГПМ», быть готовым ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы:

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести переключатели на лицевой двери шкафа в исходное состояние:

- переключатель SA2 «разрешение ПЧ» перевести в положение «Откл»;
- потенциометр задания RP1 перевести в нулевое положение.
- убедиться, что на распределительном шкафу подано питание на модуль, с которым предстоит работать в данной лабораторной работе.

Каталожные данные асинхронного двигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование параметра	Значение
Тип	Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором
Мощность, Вт	750
Номинальное напряжение питания обмотки статора, В, Y	400
Номинальная частота вращения, об/мин	1400
Номинальный ток фазы статора, А, Y	2Д
cosφ	0,7
КПД, %	70
Удерживающий момент тормоза, Нм	40
Активное сопротивление статора r_1 , Ом	10
Масса, кг	12,7

Для проведения данной лабораторной работы на персональном компьютере должно быть загружено и установлено программное обеспечение DeltaProfi .

1 Подготовка преобразователя частоты

Перевести преобразователь частоты в режим скалярного управления скоростью.

2 Пробный пуск электропривода

Пробный пуск привода необходимо выполнить для того, чтобы убедиться в правильных настройках ПЧ и возможности плавного задания выходной частоты и напряжения. Для пробного пуска ПЧ необходимо:

- закрыть дверцу шкафа управления, при выполнении работы дверцу открывать строго запрещено';

- подать питание на шкаф управления посредством кнопки «ВКЛ», расположенной в блоке «питание электрошкафа», при этом убедиться, что кнопка аварийного отключения находится не во включенном состоянии;

- подать разрешение на работу ПЧ;

- установить скорость вращения на уровне 300-500 об/мин;
- кнопкой вверх запустить работу электропривода, убедиться, что разогнался до указанной скорости.

3 Настройка осциллографа

В качестве осциллографа в данной лабораторной работе используется программное обеспечение DeltaProfi. Коммуникация данного программного обеспечения с ПЧ и основы работы в режиме осциллографа описаны в данных методических указаниях. Для данной лабораторной работы необходимо произвести коммуникацию ноутбука с платой ввода-вывода.

Подготовка и снятие осциллограмм с помощью программного обеспечения «DeltaProfi»:

1. Включить персональный компьютер (ноутбук) и дождаться загрузки операционной системы.
2. Запустить программу «DeltaProfi». При этом на экране компьютера загрузится стартовое окно (рисунок Г.1).

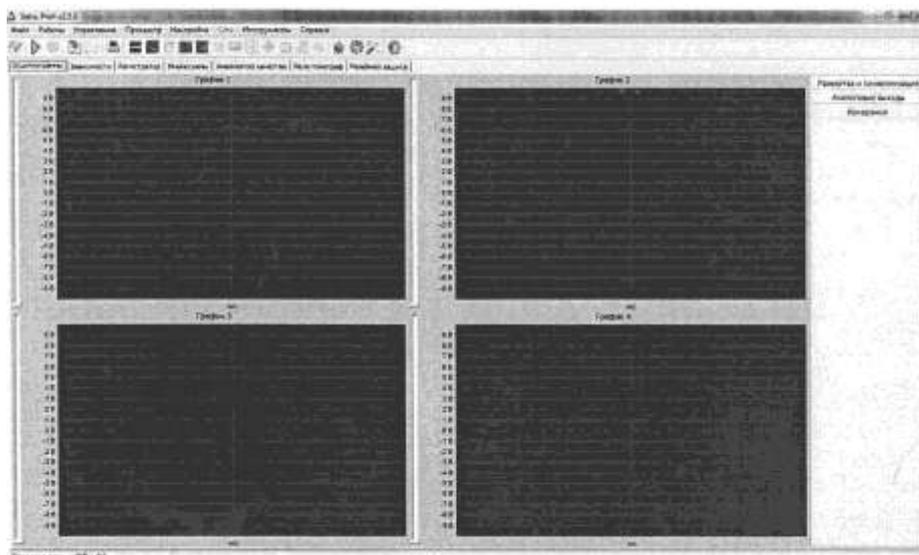


Рисунок Г.1 – Стартовый экран *DeltaProfi*

3) В главном меню выбрать вкладку «Работы». Данный лабораторный стенд имеет шкафное исполнение, поэтому конфигурация программного обеспечения одинакова для всех лабораторных работ. Для перехода в указанную конфигурацию на выбранной вкладке выбрать единственный доступный пункт - «Электрооборудование подъемного крана». После выбора конфигурация рабочей области программы должна измениться.

После изменения конфигурации рабочей области на экране отображаются поля для регистрации осциллограмм в режиме реального времени (см. рисунок Г.2). В лабораторном стенде осуществляется регистрация осциллограмм напряжения на статоре, тока статора и скорости вращения электродвигателя.

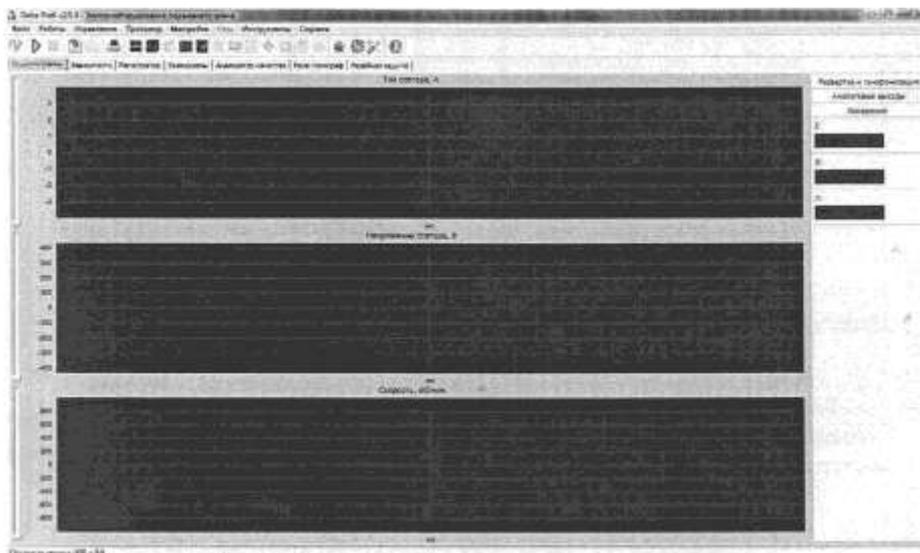


Рисунок Г.2 – Окно регистрации осциллограмм

Перед началом работы с программой в режиме реального времени необходимо убедиться, что связь между ноутбуком и платой ввода-вывода установлена. Для начала работы необходимо нажать зеленую кнопку «Пуск» на панели инструментов программы, после этого на представленных полях отображаются регистрируемые величины в режиме реального времени. **Нельзя завершать работу программы без нажатия кнопки «Стоп».**

Помимо регистрации осциллограмм для статических и динамических режимов работы, программа также позволяет измерять действующие значения величин в установившихся режимах, для этих целей служит вкладка «Мнемосхемы», расположенная под панелью инструментов программы. Окно мнемосхемы изображено на рисунке Г.3. В описываемой вкладке изображена мнемосхема подъемного крана, на которой изображены измерительные приборы. Для начала работы необходимо нажать зеленую кнопку «Пуск» на панели инструментов программы, после этого на измерительных приборах отображаются действующие значения регистрируемых величин в режиме реального времени. **Нельзя завершать работу программы без нажатия кнопки «Стоп».**



Рисунок Г.3 – Окно мнемосхемы

4. Исследование способов пуска в системе ПЧ-АД Электропривод переменного тока, выполненный на основе преобразователя частоты инверторного типа, имеет возможность выполнять несколько способов пуска/торможения электродвигателя:

- линейный пуск электродвигателя с заданным темпом;
- пуск электропривода по S-рампе;
- пуск двигателя по U-рампе.

Линейный пуск заключается в разгоне электропривода до заданной скорости, с увеличением частоты напряжения на статоре в зависимости от времени, установленного в настройках ПЧ.

Для исследования линейного пуска электропривода необходимо:

Выбрать меню 1 «Меню ПЧ», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Задатчик», сконфигурировать следующие параметры:

grt - тип кривых разгона и торможения (Lin - линейный);

A CC - время разгона;

- задать максимальную частоту вращения двигателя потенциометром на лицевой двери шкафа;

- установить время разгона на уровне 5 с;

- произвести переходный процесс пуска переключателем «Разрешение» и кнопкой «Вперед» на лицевой двери шкафа. Электродвигатель разгонится с заданным темпом до заданной скорости.

Процесс разгона контролировать с помощью осциллографа программного обеспечения. Повторить эксперимент для значения постоянной времени задатчика интенсивности, равной 0,5 с.

Пуск электропривода по S-образному заключается в разгоне электропривода до заданной скорости, с затягиванием процесса пуска в начале и ускорением в конце, при этом форма кривой скорости напоминает английскую букву S. Такой тип пуска позволяет получить плавное нарастание ускорения в начале и плавное замедление ускорения в конце, что делает работу электропривода более мягкой.

Аналогично произвести исследования других видов кривой разгона электропривода, для изменения формы кривой разгона в меню 1 «Меню ПЧ», выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Задатчик», сконфигурировать следующие параметры:

- grt - тип кривых разгона и торможения (S и U — соответственно). Каждый из режимов исследовать с двумя различными постоянными временами разгона.

4.5 Исследование способов торможения в системе ПЧ-АД.

Преобразователь частоты обеспечивает несколько способов торможения:

- торможение на выбеге;
- динамическое торможение.

В режиме торможения на выбеге при поступлении команды торможения инвертор отключается, и двигатель останавливается под воздействием собственной массы.

Для настройки режима торможения электродвигателя на выбеге выбрать меню 1 «Меню ПЧ», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Конфигурация остановки», сконфигурировать следующие параметры:

- Stt - способ торможения (nSt - выбег);

- произвести переходный процесс пуска переключателем «Разрешение» и кнопкой «Вперед» на лицевой двери шкафа. Электродвигатель разгонится с заданным темпом до заданной скорости.

Процесс разгона контролировать с помощью осциллографа программного обеспечения. Вторым способом торможения в данном электроприводе является динамическое торможение. При динамическом торможении на статор асинхронного электродвигателя подается постоянный ток. Для настройки режима динамического торможения электродвигателя выбрать меню 1 «Меню ПЧ», в нем выбрать подменю 1.7 «Прикладные функции», в нем выбрать группу параметров «Конфигурация установки», сконфигурировать следующие параметры:

Stt - способ торможения (dCI - динамическое торможение);

IdC- уровень постоянного тока (I_н — номинальное значение). Произвести переходный процесс торможения переключателем «Разрешение» на лицевой двери шкафа. Процесс торможения контролировать с помощью осциллографа программного обеспечения. Повторить опыт для другого уровня постоянного тока. После проведения работы перевести все переключатели в исходное положение, выключить питание стенда.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходим плавный пуск/торможение?
2. Назовите типы задатчиков интенсивности, применяемых в электроприводах. Зачем нужно несколько типов данных устройств?
3. Область применения торможения постоянным током системы ПЧ-АД?
4. Объяснить процесс торможения постоянным током ПЧ инверторного типа.
5. При торможении с минимальным темпом электродвигатель отдает электроэнергию в инвертор. Эта электроэнергия рассеивается на тормозном сопротивлении звена постоянного тока. Объяснить принцип работы этого звена.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 28

Исследование энергетических режимов работы кранового электропривода.

Цель: Исследование энергетических характеристик разомкнутой системы "Преобразователь частоты - асинхронный двигатель" (ПЧ-АД) электропривода подъемного крана.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- У1 определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;
- У7 оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

Инструкции по выполнению лабораторной работы, лабораторный стенд

Задание:

Изучить содержание данной работы и тему «Электрооборудование ГПМ», быть готовым ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы:

Перед проведением лабораторной работы необходимо привести переключатели на дверце шкафа в исходное состояние:

- переключатель SA2 «разрешение ПЧ» перевести в положение «Откл»;
- потенциометр задания RPI перевести в нулевое положение.

Убедиться, что на распределительном шкафу подано питание на модуль, с которым предстоит работать в данной лабораторной работе.

Каталожные данные асинхронного двигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование параметра	Значение
Тип	Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором
Мощность, Вт	750
Номинальное напряжение питания обмотки статора, В, Y	400
Номинальная частота вращения, об/мин	1400
Номинальный ток фазы статора, А, Y	2Д
cosφ	0,7
КПД, %	70
Удерживающий момент тормоза, Нм	40
Активное сопротивление статора г1, Ом	10
Масса, кг	12,7

В модели подъемного крана необходимо регулятор нагрузки установить в положение минимальной нагрузки (1 груз).

1. Механические характеристики системы электропривода

Скалярное управление в системе ПЧ-АД сводится к изменению параметров напряжения статора и частоты тока статора при заранее установленном законе связи между ними.

Опыт проводится в следующей последовательности:

-закрыть дверцу шкафа управления, **при выполнении работы дверцу открывать строго запрещено;**

-подать питание на шкаф управления посредством кнопки «вкл», расположенной в блоке «питание электрошкафа», при этом убедиться, что кнопка аварийного отключения находится не во включенном состоянии;

-перевести преобразователь частоты в режим скалярного управления.

- подать разрешение на работу ПЧ;

-удерживая нажатой кнопку «вверх», потенциометром аналогового задания плавно увеличивать частоту питающего напряжения асинхронного двигателя вплоть до момента страгивания груза, зафиксировать частоту страгивания;

-увеличить частоту задания вплоть до режима, когда груз будет плавно подниматься вверх, занести данные опыта в таблицу 2;

Таблица 2

Данные опыта					
n, об/мин					
U _c , В					

I _c , А					
f _c Гц					
M _в , %					
U _d , В					
P _{сети} Вт					
S _{сети} , ВА					
Q _{сети} , ВАр					
Расчетные данные					
ω, 1/с					
S _c , ВА					
ΔP _{эл} , Вт					
P _в , Вт					
η _{ад}					
η _{пч-ад}					
cos φ					
cos φ _{пч-ад}					

- повторить опыт при движении электропривода вниз при той же частоте задания сравнить уровни напряжения звена постоянного тока при подъеме и спуске;
- остановить электропривод, снять разрешение на работу, оторвать дверцу шкафа (обязательно в присутствии преподавателя), изменить нагрузку;
- повторить опыт при другом уровне нагрузки;
- зафиксировать режимы, в которых преобразователь переходит в режим рекуперации, составить энергетические диаграммы работы ПЧ.

После проведения эксперимента перевести все переключатели и потенциометры в исходное состояние в порядке, обратном порядку включения. Отключить питание шкафа управления.

Расчетные данные/

Полная выходная мощность преобразователя частоты, ВА:

$$S_c = 3 U_c \cdot I_c$$

где U_c - фазное напряжение на выходе ПЧ, В.

Частота вращения электродвигателя, 1/с:

$$\omega = \pi \cdot n/30$$

Электрические потери в статорной обмотке электродвигателя, Вт:

$$\Delta P_{эл} = 3 I_c^2 \cdot r_c$$

где r_c - активное сопротивление фазы статора, Ом;

I_c - ток статора асинхронного электродвигателя, А.

Мощность на валу асинхронного двигателя определяется из показателей ПЧ:

$$P_v = P_{дн} \cdot M_v \cdot \omega / \omega_n$$

где P_{дн} - номинальная мощность электродвигателя, Вт;

ω_н - номинальная частота вращения ротора, 1/с,

M_в - показания момента на валу электродвигателя в процентах от номинального.

Активная выходная мощность ПЧ, Вт

$$P_c = P_v + \Delta P_{эл}$$

Коэффициент полезного действия электродвигателя:

$$\eta_v = P_v / P_c$$

Коэффициент мощности асинхронного двигателя

P_c

Коэффициент мощности электродвигателя:

$$\cos\varphi_{ад} = P_c / S$$

Коэффициент полезного действия в системе:

$$\eta_{пч-ад} = P_c / P_{сети}$$

Коэффициент мощности системы

$$\cos\varphi_{пч-ад} = P_{сети} / S_{сети}$$

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. Где рассеивается энергия торможения двигателя?
5. Назовите основные законы частотного регулирования.
6. Какие существуют способы повышения качества характеристик при скалярном регулировании?

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 45

Изучение схемы автоматизации насосной установки

Цель работы: - Закрепление теоретических знаний;

1. Углубление ранее изученного материала;
2. Выработка умений и навыков по чтению принципиальных электрических схем;
3. Применение полученных знаний на практике

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- проводить анализ неисправностей электрооборудования;
- оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

Конспект, учебник

Задание:

Изучить схему автоматизации насосной установки.

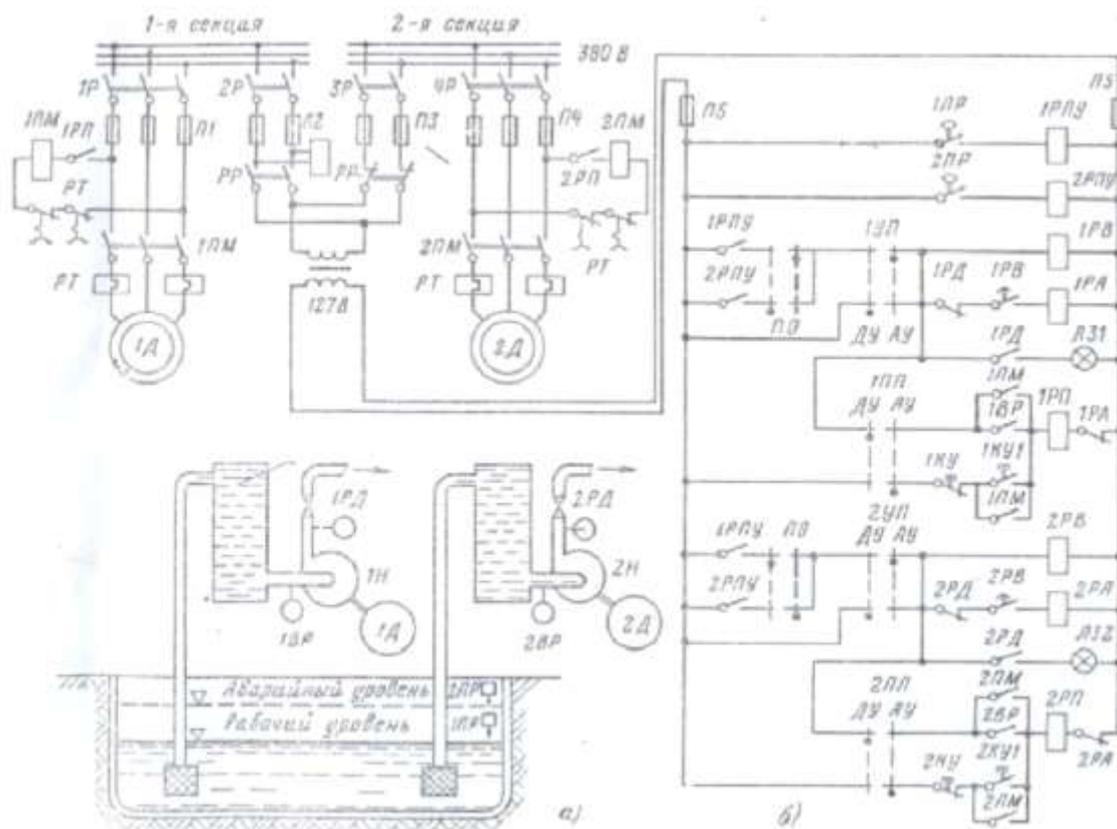


Рисунок 1-Водоотливная установка (а) и схема электропривода (б).

Порядок выполнения работы:

1. Изучить конспект «Электрооборудование компрессоров, вентиляторов, насосов»;
2. По инструкции изучить средства принцип действия датчиков.
3. По схеме определить тип двигателя, способ регулирования скорости двигателя;
4. Выписать все элементы схемы, определить их назначение в схеме;
5. Найти в схеме устройства защиты и пояснить принцип их работы;
6. Ответить на контрольные вопросы.

Ход работы:

На рисунке показана технологическая схема насосов шахтной водоотливной установки, предназначенной для откачивания грунтовых вод из пяточных ям шахтных стволов и заглубленных забоев. В установку входят два насоса 1Н и 2Н с заливными бачками 1Б и 2Б, обеспечивающими постоянную заливку насосов. Насосы приводятся во вращение асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором 1Д и 2Д, которые для большей надежности подключены к разным секциям шин понизительной подстанции. Если уровень воды в яме ниже рабочего уровня, то насосы не откачивают воду. При превышении водой рабочего уровня вводится в работу один из насосов. Когда уровень воды становится выше аварийного, к работе подключается второй, резервный насос.

Схема электропривода позволяет осуществлять различное управление двигателями насосов: автоматическое в зависимости от уровня воды в яме, дистанционное (из диспетчерской), местное с помощью кнопок управления, расположенных непосредственно у насосов. Выбор автоматического (АУ) и дистанционного ДУ управлений осуществляется универсальными переключателями 1УП и 2УП. Переключатели 1ПП и 2ПП позволяют выбрать для каждого двигателя способ управления: дистанционный ДУ и местный с помощью кнопок 1КУ и 2КУ. Переключатель ПО позволяет с целью равномерного изнаши-

вания оборудования поочередно использовать в качестве рабочего двигателя 1Д и 2Д.

Автоматическое включение двигателя рабочего насоса осуществляется с помощью поплавкового реле 1ПР, контролирующего рабочий уровень воды. Двигатель резервного насоса включается поплачковым реле 2ПР, контролирующим аварийный уровень. Если через время выдержки реле 1РВ или 2РВ насос не создаст необходимый напор, то двигатель отключается от сети. Запуск двигателя не произойдет и в том случае, если насос не полностью залит водой (Недостаточный уровень воды в заливочном баке и контакты реле контроля заливки 1ВР или 2ВР разомкнуты).

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

оценка "**отлично**" заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно читать электрические схемы.

оценка "**хорошо**" выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по теме и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности, допустившим незначительные ошибки при чтении электрической схемы.

оценка "**удовлетворительно**" выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на теоретические вопросы и при выполнении практической части, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка "**неудовлетворительно**" выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий

Практическое занятие № 46

Изучение схемы выравнивания скорости и нагрузок прокатных электродвигателей.

Цель работы: - Закрепление теоретических знаний;

1. Углубление ранее изученного материала;
2. Выработка умений и навыков по чтению принципиальных электрических схем;
3. Применение полученных знаний на практике

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- проводить анализ неисправностей электрооборудования;
- оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

Материальное обеспечение:

Конспект, учебник

Задание:

Изучить схему выравнивания скорости и нагрузок прокатных электродвигателей.

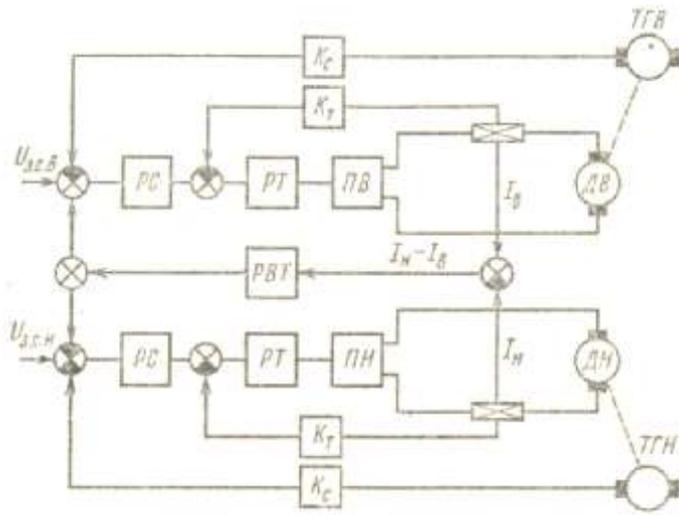


Рисунок 1 -Схема выравнивания токов с сепаратным управлением

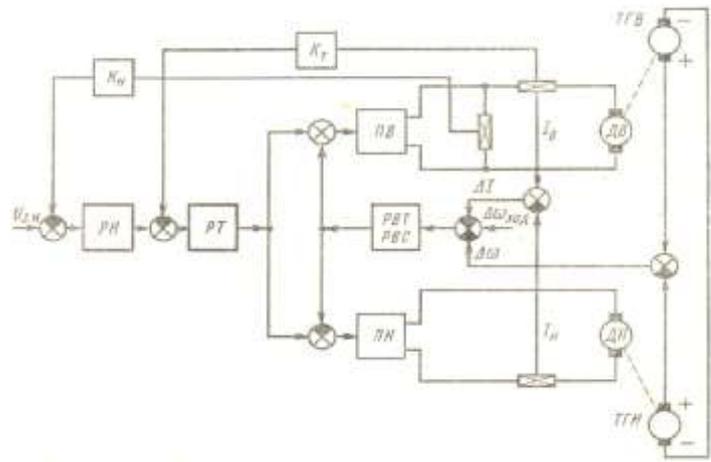


Рисунок 2 – Схема выравнивания скоростей и токов с групповым управлением

Порядок выполнения работы:

1. Изучить конспект «Электропривод прокатных станов»;
2. По инструкции изучить достоинства и недостатки группового и индивидуального привода;
3. Начертить схему;
4. Изучить структурную схему выравнивания нагрузок
5. Выписать все элементы схемы, определить их назначение в схеме;
6. Ответить на контрольные вопросы.

Ход работы:

Равномерное распределение нагрузки между двигателями осуществляется с помощью уравнительных схем. Такие схемы снижают скорость вращения перегруженного двигателя и повышают скорость менее загруженного двигателя.

На практике применяют следующие уравнительные схемы:

1. с воздействием на напряжение двигателей;
2. с воздействием на возбуждение двигателей.

Уравнительные схемы с воздействием на напряжение двигателей выравнивают нагрузочные токи и моменты двигателей, при этом меняется соотношение мощностей, отдаваемых двигателями. Уравнительные схемы с воздействием на возбуждение двигателей

выравнивают нагрузочные токи и отдаваемые мощности, при этом меняется соотношение моментов двигателей. Следует отметить, что уравнивательные схемы с воздействием на напряжения двигателей являются более быстродействующими, чем схемы с воздействием на возбуждение двигателей.

В настоящее время в индивидуальных приводах прокатных станков используются системы управления с последовательной коррекцией при подчиненном регулировании координат. В таких системах управления сигналы рассогласований по скорости и токам двигателей подаются на входы двух отдельных систем управления (уравнивательная схема с сепаратным управлением), или непосредственно на входы преобразователей при одной общей системе управления для обоих преобразователей (уравнивательная схема с групповым управлением).

На рисунке 1 представлена схема с сепаратным управлением. В этой схеме сигнал рассогласования по токам через регулятор РВТ подается на входы двух самостоятельных систем управления со своими задающими сигналами ($U_{з.с.в.}$ и $U_{з.с.н.}$). Каждая система-двухконтурная с регулятором тока РТ и регулятором скорости РС. В случае перегрузки, например двигателя нижнего вала, сигнал, пропорциональный разности токов, увеличивает напряжение преобразователя $ПВ$, скорость и ток двигателя $ДВ$ и уменьшает напряжение преобразователя

$ПН$, скорость и ток двигателя $ДН$.

На рисунке 2 представлена уравнивательная схема с групповым управлением. В этой схеме кроме выравнивания токов предусмотрено также выравнивание скоростей. Сигнал рассогласования скоростей замеряется двумя тахогенераторами ТГВ и ТГН, включенными в общую цепь встречно друг другу. Регулирование соотношения скоростей необходимо только до захвата металла валками. Оно предназначено для того, чтобы с большей точностью получить требуемое соотношение скоростей в момент захвата металла валками и обеспечить прокатку с «лыжеобразованием». После захвата металла цепь сигнала рассогласования должна быть разомкнута, так как этот сигнал, действуя встречно сигналу регулирования рассогласования токов, будет затруднять выравнивание токов двигателей. Разность скоростей и разность токов совместно с сигналом задания рассогласования скоростей $\Delta\omega_{зад}$ подаются соответственно через регулятор выравнивания скоростей РВС и регулятор выравнивания токов РВТ на системы фазового управления преобразователями $ПВ$ и $ПН$. При этом общая для двух преобразователей система управления - двухконтурная с регулятором тока РТ регулятором напряжения РН. Применение контура напряжения связано тем, что тахогенераторы уже использованы для замера разности скоростей.

Форма представления результата: отчет о проделанной работе

Критерии оценки: Оценка "отлично" заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно читать электрические схемы.

оценка "хорошо" выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по теме и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности, допустившим незначительные ошибки при чтении электрической схемы.

оценка "удовлетворительно" выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на теоретические вопросы и при выполнении практической части, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий