

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

Многопрофильный колледж



**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 № 6 от «25» января 2023

Методической комиссией МпК  
  
Протокол № 4 от «08» февраля 2023 г.

### **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 № 7	6
Лабораторное занятие № 8	9
Практическое занятие № 15	14
Практическое занятие № 16	19
Практическое занятие № 17	21
Практическое занятие № 18	23
Лабораторное занятие № 9	25
Практическое занятие № 19	30
Практическое занятие № 20	32
Практическое занятие № 21	35
Практическое занятие № 22	38
Практическое занятие № 23	42
Практическое занятие № 24	44

## 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 № 7

#### 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.

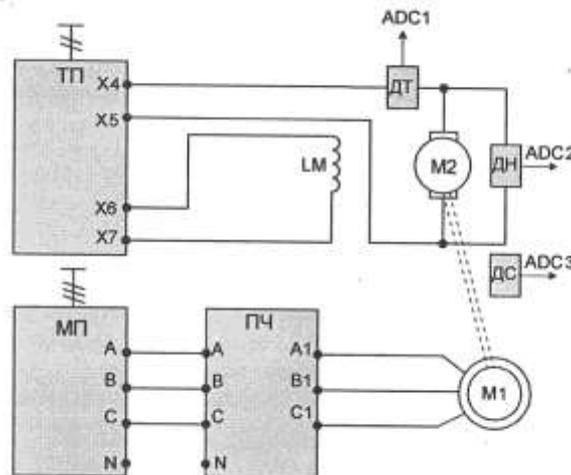


Рисунок 1.1. Схема для исследования двигателя независимого возбуждения

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 3х380В 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										
$\eta$										
$\omega$ , 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.

### **Лабораторное занятие №8 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.

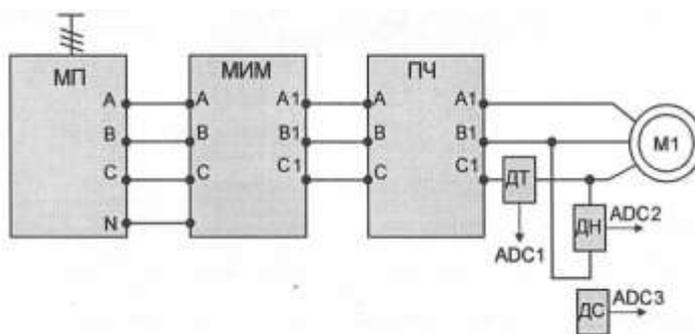


Рисунок 1 Схема для снятия характеристик

**1. Управление приводом с кнопочной панели**

Асинхронный электродвигатель подключается к преобразователю частоты ПЧ, который, в свою очередь, запитывается напряжением 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 ADC1, ADC2 и ADC3 соответственно модуля ввода/вывода.

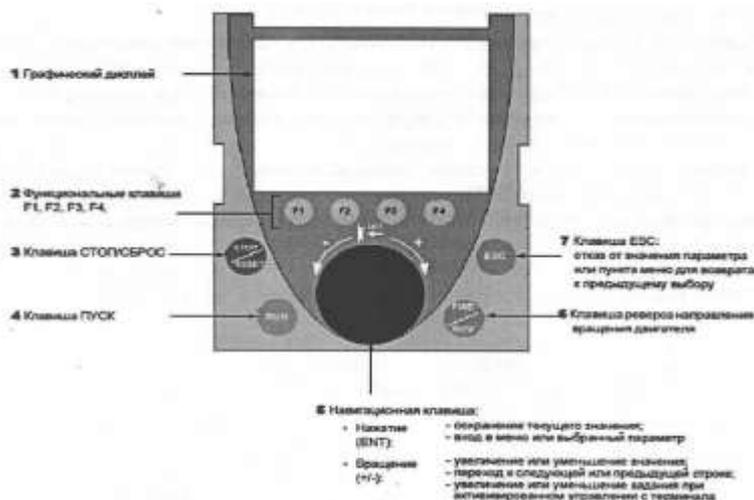


Рисунок 2 – Общий вид панели с указанием основных элементов

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). и
4. Отображение функций, назначенных программируемым клавишам *F1 - FA*.
- 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;

**nPz** - номинальная мощность двигателя;

**Uns** - номинальное напряжение двигателя;

**nCz** - 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); - **BIC**- уровень постоянного тока (1In - 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.

### **Практическое занятие № 15**

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

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

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

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.

$$M=0$$
$$w_0 \frac{U}{k\phi} = \frac{220}{2,75} = 80 \text{ 1/с}$$

Координаты второй точки естественной характеристики:

$$M = M_n, w_n = 74,5 \text{ 1/с}$$
$$M_n = \frac{P_n}{w_n} \cdot 10^3 = \frac{16}{74,5} \cdot 10^3 = 215 \text{ Н*м}$$

Координаты второй точки искусственной характеристики:

$$M = M_n$$

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

$$M_n = 215 \text{ Нм}$$

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

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  $\omega_e = 77 \text{ 1/с}$ ,  $\omega_n = 72 \text{ 1/с}$ .

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

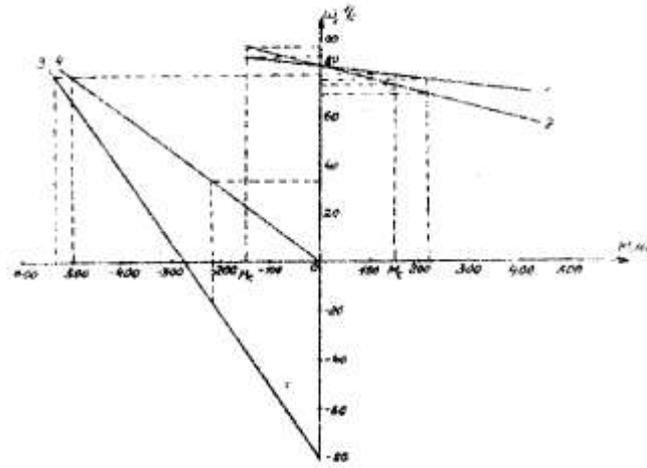


Рис. 1. Механические характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

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

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

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

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

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

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

тогда

$$M_{\text{кон.торм}} = 1.28 M_H,$$

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

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

$$M = -M_H = -215 \text{ Нм}$$

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

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 двигатель 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 № 16

### 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;  $\omega_n = 152,3$  p/c;  $\cos\varphi = 0,8$ ;  $\eta = 0,85$ ;  $U = 380$  В.

$$\lambda_m = \frac{M_{\text{макс}}}{M_n} = 2$$

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

а) максимальный момент двигателя

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

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

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

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

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

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

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
------------------------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-----	------	------	---

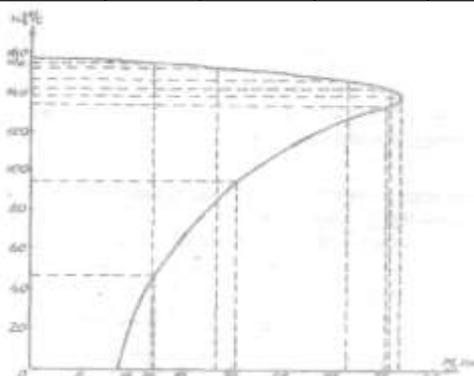


Рис.1. Механическая характеристика асинхронного двигателя

**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 № 17

#### 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:

$$1т. (\omega = \omega_{01}; M=0)$$

$$2т. (\omega = \omega_n; M=M_H)$$

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.

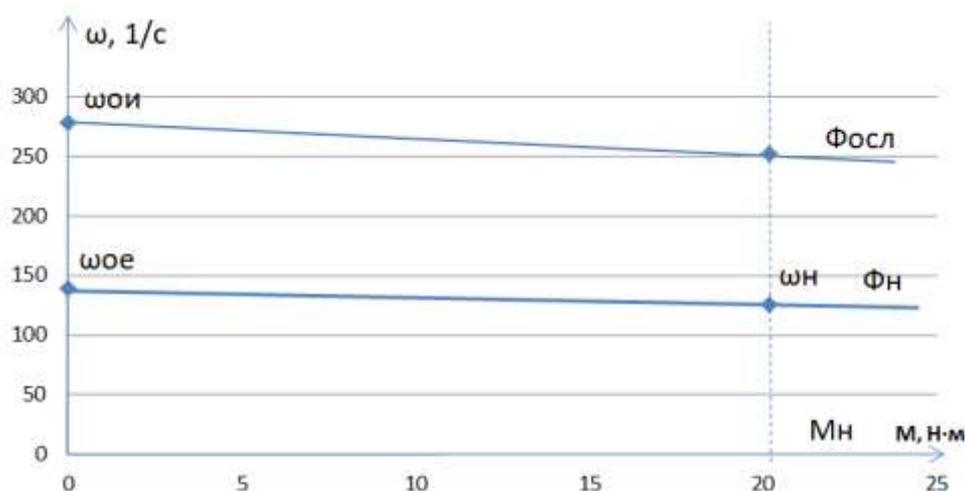


Рис.1. Механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослаблении магнитного потока

**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 № 18

#### 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

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

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

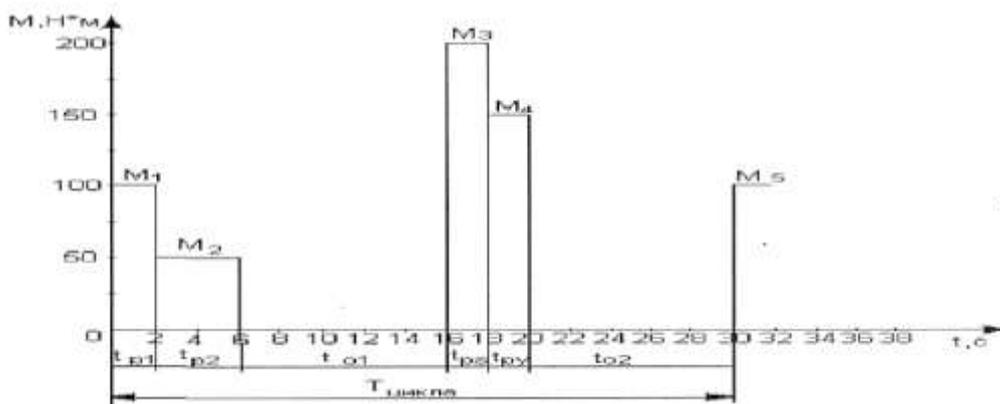


Рис. 2.1. Нагрузочная характеристика двигателя

3. Приводим эквивалентный момент к стандартному значению ПВ

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

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

Тогда

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

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

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

5. По каталогу на двигателях повторно-кратковременного режима при  $ПВ =$

25%, выбираем двигатель параллельного возбуждения типа ДП-41.

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

$J = 0,8\text{ кг м}^2$ .

6. Выбранный двигатель проверяем на перегрузочную способность по условию

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

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

$\lambda$ - 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.

## Тема 1.2 Электрическое и электромеханическое оборудование.

### Лабораторная работа № 9

#### 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 указаний. 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).

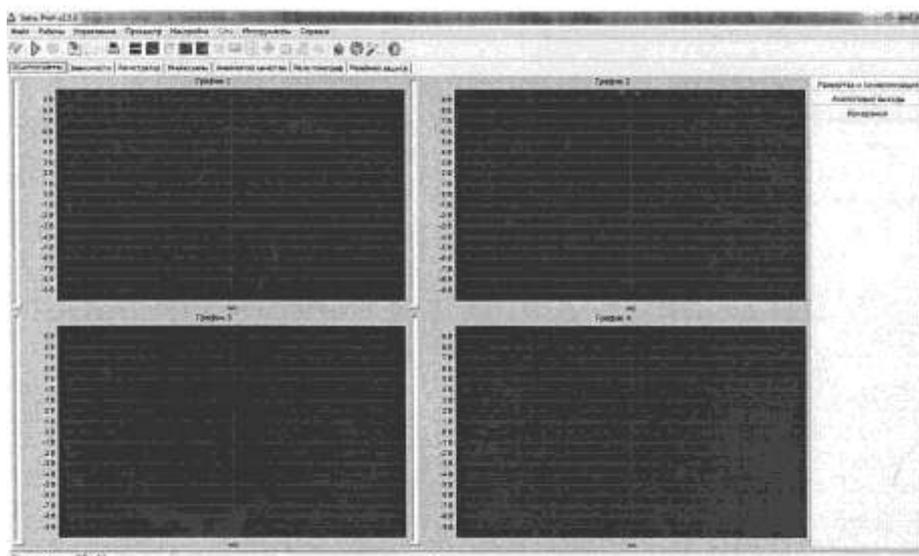


Рисунок Г.1 – Стартовый экран *DeltaProfi*

3) В главном меню выбрать вкладку «Работы». Данный лабораторный стенд имеет шкафное исполнение, поэтому конфигурация программного обеспечения едина 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.

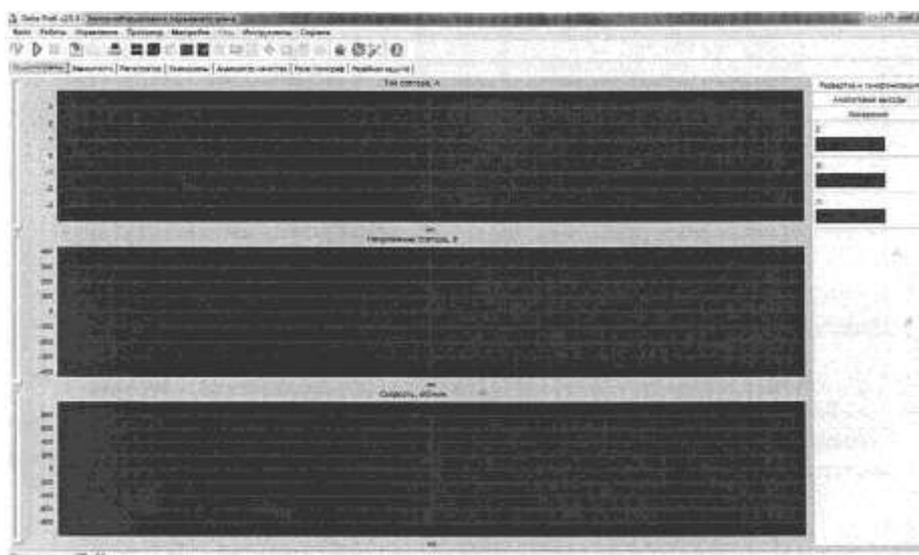


Рисунок Г.2 – Окно регистрации осциллограмм

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».**

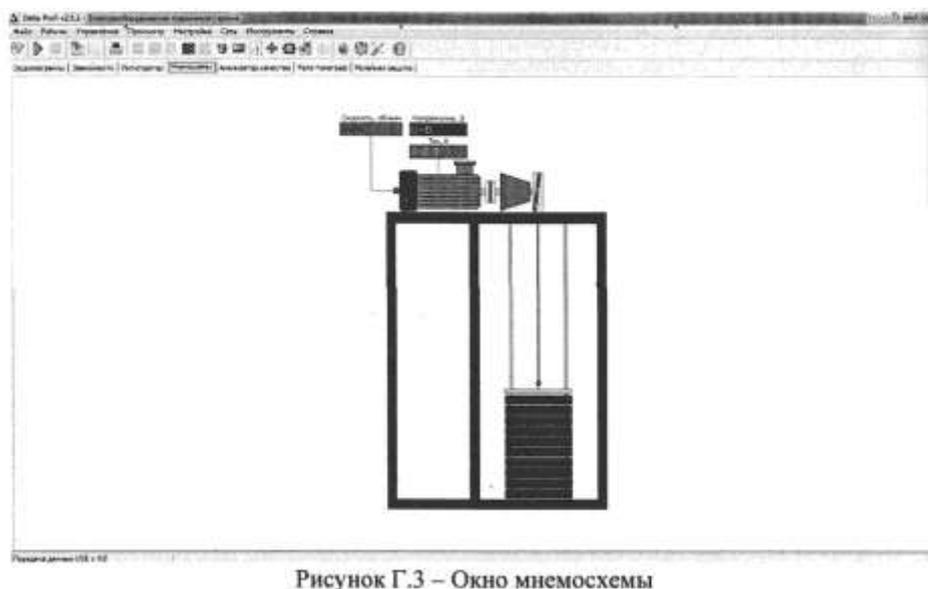


Рисунок Г.3 – Окно мнемосхемы

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 дверце шкафа. Электродвигатель разгонится с заданным темпом до заданной скорости.

Процесс разгона контролировать с помощью осциллографа программного обеспечения. Повторить эксперимент для значения постоянной времени датчика 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:

- rpt - 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 дверце 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 (1In — номинальное значение). Произвести переходный процесс торможения переключателем «Разрешение» на лицевой дверце 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 датчиков интенсивности, применяемых в электроприводах. Зачем нужно несколько типов данных устройств?
1. Область применения торможения постоянным током системы ПЧ-АД?
2. Объяснить процесс торможения постоянным током ПЧ инверторного типа.

3. 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.

**Практическое занятие № 19**  
**Изучение схемы автоматизации насосной установки**

**Цель работы:**

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

**Материальное обеспечение:** инструкции по выполнению практических работ.

**Задание:**

Изучить схему автоматизации насосной установки.

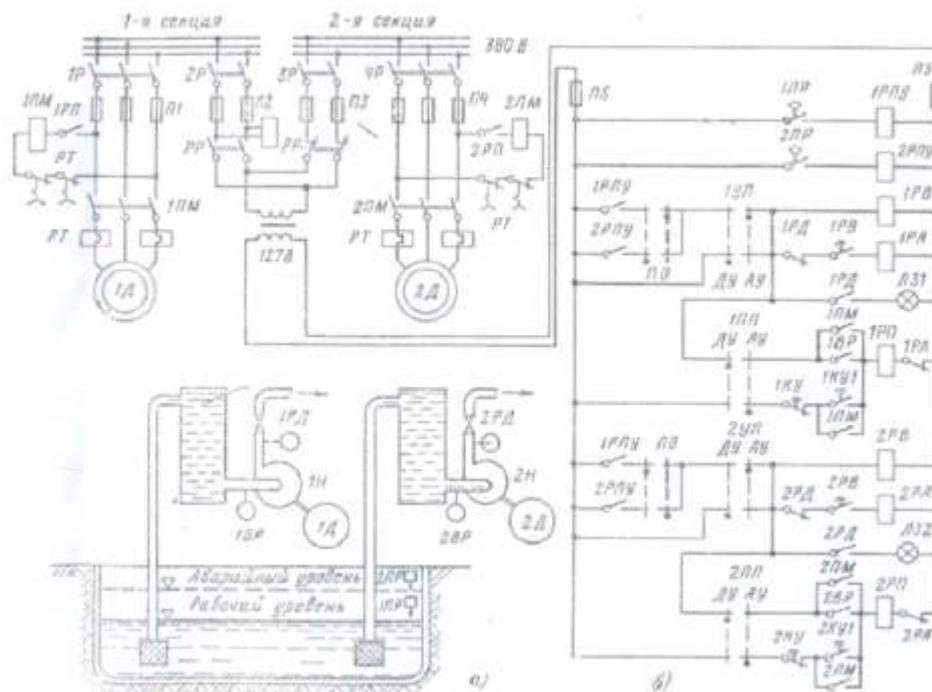


Рисунок 1-Водоотливная установка (а) и схема электропривода (б).

**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 понижительной 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 изнашивания оборудования поочередно использовать в качестве рабочего двигатель 1Д и 2Д.

Автоматическое включение двигателя рабочего насоса осуществляется с помощью поплавкового реле 1ПР, контролирующего рабочий уровень воды. Двигатель резервного насоса включается поплавковым 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 № 20**

### **Изучение схемы автоматизации работы компрессорной установки**

**Цель работы:**

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

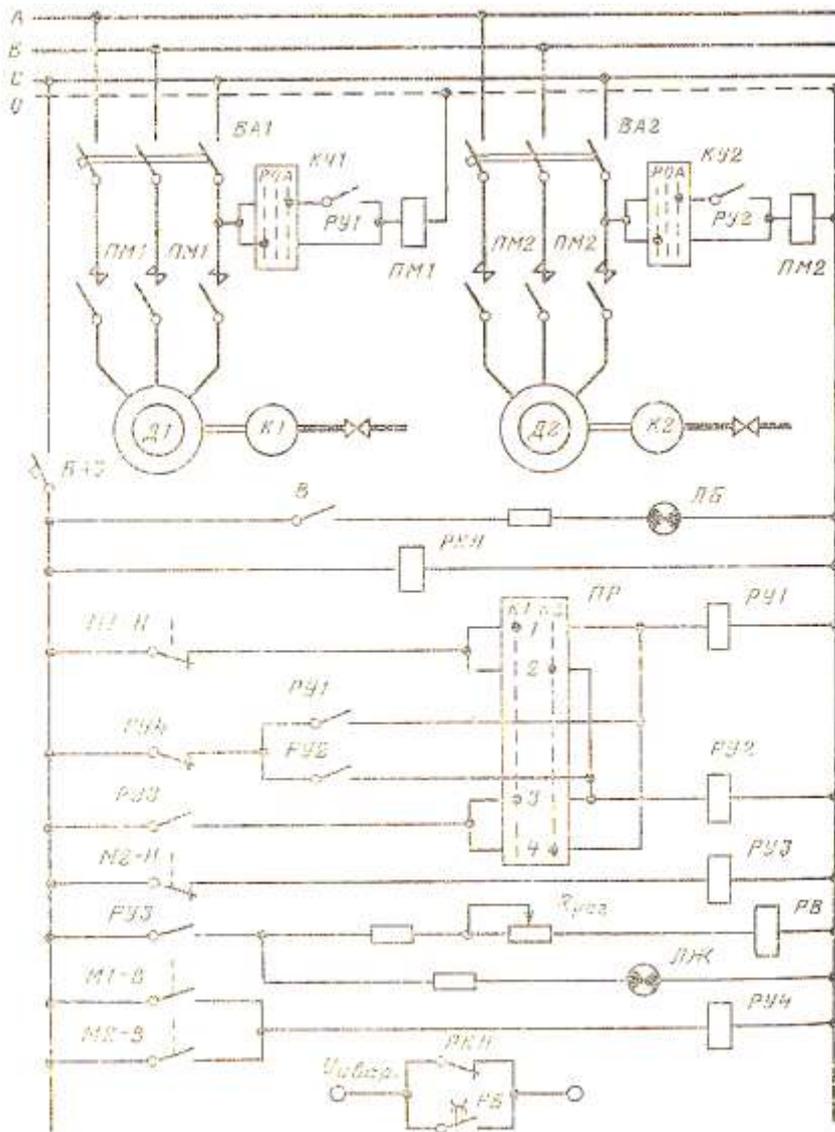
**Материальное обеспечение:** инструкции по выполнению практических работ.

**Задание:**

Изучить схему автоматизации компрессорной установки.

**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:

Электрическая схема управления компрессорной установкой состоящей из двух агрегатов *K1* и *K2*, приведена рис.1. Двигатели компрессоров *D1* и *D2* питаются от трехфазной сети 380В через автоматические выключатели *BA1* и *BA2* с комбинированными расцепителями. Включение и отключение двигателей производятся магнитными пускателями *ПМ1* и *ПМ2*. Цепи управления и сигнализации питаются фазным напряжением 220В через однополюсный автоматический выключатель *BA3* с максимальным электромагнитным расцепителем.

Управление компрессорами может быть автоматическим или ручным. Выбор способа управления производится помощью ключей управления *KУ1* и *KУ2*. При ручном управлении включение и отключение пускателей *ПМ1* и *ПМ2* осуществляется поворотом рукояток ключей *KУ1* и *KУ2* из положения 0 (отключен) в положение *P* (включен).

Автоматическое управление компрессорами производится при установке ключей *KУ1* и *KУ2* в положение *A*, а включение и отключение пускателей осуществляется с помощью реле *PУ1* и *PУ2*. Контроль давления воздуха в ресиверах производится двумя электроконтактными манометрами, контакты которых включены в цепи катушек реле *PУ1*-*PУ4*. Очередность включения компрессоров при падении давления: устанавливается с

помощью переключателя режимов ПР. Если ПР. установлен в положение К1, то первым включается компрессор К1.

Предположим, что ресиверы наполнены сжатым воздухом, давление соответствует верхнему пределу (контакты манометров М1-Н и М2-Н разомкнуты) и компрессоры не работают. Если в результате потребления воздуха давление в ресиверах падает, то при достижении ими минимального значения, установленного для пуска первого компрессора, замкнется контакт М1-Н первого манометра (Н - нижний предел), сработает реле РУ1 и, своим контактом включит пускатель ПМ1 двигателя первого компрессора. В результате работы компрессора К1 давление в ресиверах будет повышаться и контакт М1-Н разомкнется, но это не приведет к отключению компрессора, так как катушка реле РУ1 продолжает получать питание через свой контакт и замкнутый контакт реле РУ4. При повышении давления в ресиверах до максимального предела замкнется контакт манометра М1-В (В - верхний предел), сработает реле РУ4 и своим контактом отключит реле РУ1, потеряет питание пускатель ПМ1 и компрессор К1 остановится.

В случае недостаточной производительности первого компрессора или его неисправности давление в ресиверах будет продолжать падать. Если оно достигнет предела, установленного для замыкания контакта М2-Н второго манометра (манометры М1 и М2 регулируются так, чтобы контакт М2-Н замыкался по сравнению с контактом М1-Н при несколько меньшем давлении), то сработают реле РУ3 и РУ2. Последнее своим контактом включит пускатель ПМ2, т. е. вступит в работу компрессор К2. Реле РУ2 после размыкания контакта М2-Н остается включенным через свой контакт и замкнутый контакт реле РУ4. Когда давление в ресиверах в результате совместной работы обоих компрессоров поднимется до верхнего предела, замкнется контакт манометра М2-В и включится реле РУ4. В результате отключаются реле РУ1 и РУ2 и пускатели ПМ1 и ПМ2. Оба компрессора остановятся.

В схеме предусмотрен контроль исправности компрессорной установки. Если, несмотря на работу обоих компрессоров давление в ресиверах продолжает падать или не изменяется, то контакт М2-Н нижнего предела останется замкнутым, и реле РУ3 будет включено. Оно своим контактом приведет в действие реле времени РВ, которое с некоторой выдержкой времени, необходимой для обеспечения нормального подъема давления компрессором К2, замкнет свой контакт РВ в цепи аварийно-предупредительной сигнализации, и персоналу будет подан сигнал о необходимости устранения неисправности.

Она загорается при падении давления в ресиверах, получая питание через контакт реле РУ3. Сигнальная лампа ЛБ и реле напряжения РКН служат для контроля наличия напряжения в цепях управления. Контроль температуры воздуха в компрессорах, охлаждающей воды и масла осуществляется специальными реле (на схеме не показаны), которые вместе с реле РКН воздействуют на цепи аварийно-предупредительной сигнализации, извещая персонал о ненормальной работе, установки.

### **Контрольные вопросы.**

1. Принцип действия реле времени
2. Устройство и принцип действия компрессоров.
3. Работа схемы автоматического управления компрессорной установкой при установке ключей КУ1 и КУ2 в положение А.
4. Аварийный режим работы компрессорной установки.
5. Ручное управление компрессорной установкой.
6. Принцип действия электроконтактного манометра.
7. Контроль температуры воздуха в компрессорах.

8. Назначение П.Р. (переключатель режимов) в схеме автоматического управления компрессорной установкой.
9. Работа схемы автоматического управления компрессорной установкой при снижении давления до нижнего предела установленного для манометра М1.
10. Работа схемы автоматического управления компрессорной установкой при снижении давления до нижнего предела установленного для манометра М2.
11. Работа схемы автоматического управления компрессорной установки при повышении давления в ресиверах до максимального предела.

**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 № 21** **Изучение схемы управления конвейера**

**Цель работы:**

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

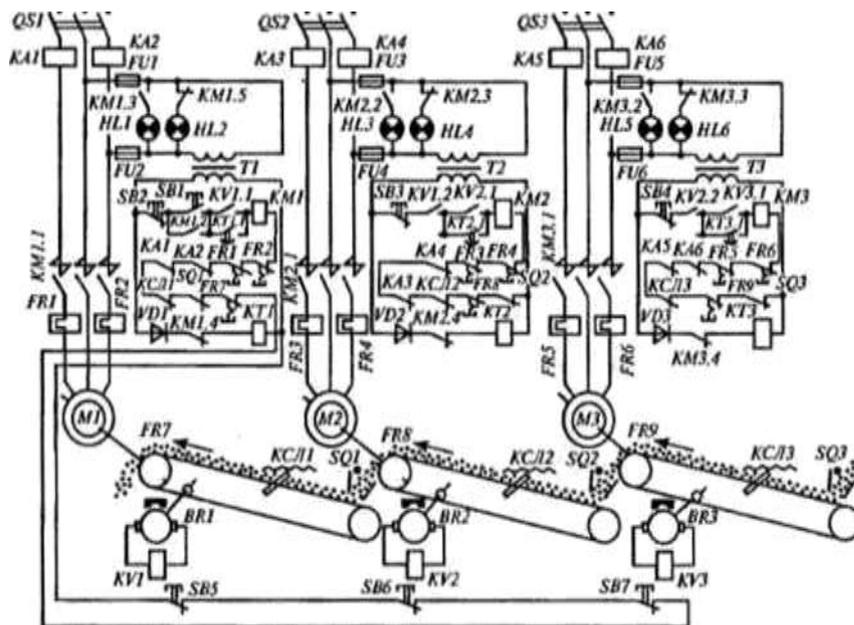
- оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

**Материальное обеспечение:** инструкции по выполнению практических работ.

**Задание:** изучить схему управления конвейера

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить конспект «Электрооборудование поточно-транспортных систем»
2. По инструкции изучить средства принципа 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:

Команда на запуск следующего конвейера выдана после того, как включившийся конвейер разогнался до номинальной скорости. Такая блокировка осуществляется с помощью реле скорости..

Схема управления имеет блокировку, которая обеспечивает при аварийной остановке одного из конвейеров автоматическую остановку всех линий, подающих груз на аварийно остановившуюся. Другие конвейеры продолжают движение, чтобы освободить механизм от груза.

При затянувшемся пуске конвейер должен отключиться и остановить запуск остальных. Длительный пуск показывает неисправность электропривода, а пробуксовка ленты может привести к возгоранию.

Схема должна обеспечивать аварийную остановку конвейерами всех конвейеров, подающих груз на аварийно остановившийся, при снижении скорости ленты конвейера, обрыве ленты, перегрузке электродвигателя конвейера, перегреве подшипников, образовании завала в местах загрузки, сходе ленты. Она также предусматривает возможность отключения конвейерной линии с разных мест.

Схема содержит следующие аппараты (см. рис.):

- реле максимального тока KA1... KA6
- тепловое реле FR1... FR6 для защиты от перегрузки электродвигателей;
- тепловое реле FR7... FR9 для защиты от перегрева приводных барабанов;
- реле скорости, тахогенераторы BR1... BR3 и реле напряжения KV1... KV3, необходимые для контроля скорости ленты и ее защиты от обрыва;
- датчики схода ленты KCL1... KCL3;
- датчики контроля SQ1... SQ3 защиты от завала мест перегрузки с конвейера на конвейер.

В схеме есть световая сигнализация. Включенные красные лампы HL2, HL4, HL6 указывают отключенное состояние двигателя и конвейера, зеленые HL1, HL3, HL5. — на включенное состояние.

Остановить конвейер можно нажатием на кнопки SB5... SB7.

Перед пуском конвейеров нужно включить автоматы QS1... QS3. В схему управления подают напряжение, включаются реле времени KT1... KT3 и замыканию контактов KT1.1... KT3.1.

Реле времени постоянного тока, питание подаётся через выпрямительные диоды VD1... VD3.

Рассмотрим пуск (см. рис..11). Нажатием на кнопку SB1 запускается электродвигатель M1. По цепи SB2, SB1, KT 1.1, KM 1, KA1, KA2, FR1, FR2, KСЛ1, SQ1, FR7, KV1.3, SB5, SB6, SB7 подаётся питание на катушку контактора KM1. Контактор KM1 включается, замыкает свои линейные контакты KM 1.1 в цепи статора электродвигателя M1. Двигатель включается и приводя в движение ленту. Замыкаются блок-контакты KM 1.2, шунтирующие кнопку SB1, и контакт KM 1.3, включающий лампу HL1, работы первого конвейера. Размыкание контакта KM 1.4 приводит к снятию питания с реле времени KT1, которое контролирует время, нужное для разгона двигателя.

Лента пришедшая в движение, вращает вал тахогенератора BR1. Когда лента наберёт максимальную скорость реле KV1 включается и замыкает свои контакты KV1.1 в цепи, шунтирующей контакт реле времени KT1.1, и KV1.2 в цепи управления следующего конвейера.

Реле времени KT1 определяет время пуска. По истечении выдержки времени реле KT1 отключается и размыкает свой контакт KT 1.1 в цепи катушки KM1. Но контактор KM1 получает питание через контакт KV1.1.

Если лента за выдержку времени не достигнет максимальной скорости, то контакт KT1.1 разомкнется до замыкания контакта KV1.1. Двигатель M1 отключается, так как катушка контактора KM 1 теряет питание.

В случае нормального пуска первого конвейера замкнется контакт KV1.2 в цепи управления двигателя M2. По цепи SB3, KV1.2, KT2.1, KM2, FR4, FR3, KA4, KV3, KA3, KСЛ2, FR8, SQ2 подаётся напряжение на катушку контактора KM2. Он включается и замыкает свои контакты KM2.1 в цепи статора второго двигателя M2. Пуск двигателя M2 контролирует реле времени KT2 и реле KV2.

Поэтому блокировки с реле скорости KV1, KV3 и реле времени KT1 и KT3 позволяют контролировать время пуска конвейеров.

Остановить линию можно с разных точек кнопками SB5, SB6 или SB7 или кнопкой SB2.

При срабатывании защиты останавливается конвейер на котором произошла авария, и конвейеры подающие груз на него. Остановка второго конвейера приводит к отключению реле скорости KV2 и размыканию контакта KV2.2 в цепи питания контактора KM3, останавливается третий конвейер. Первый конвейер потока груза работает.

**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 № 22 Изучение схемы двухзонного регулирования скорости.

### Цель работы:

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

### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

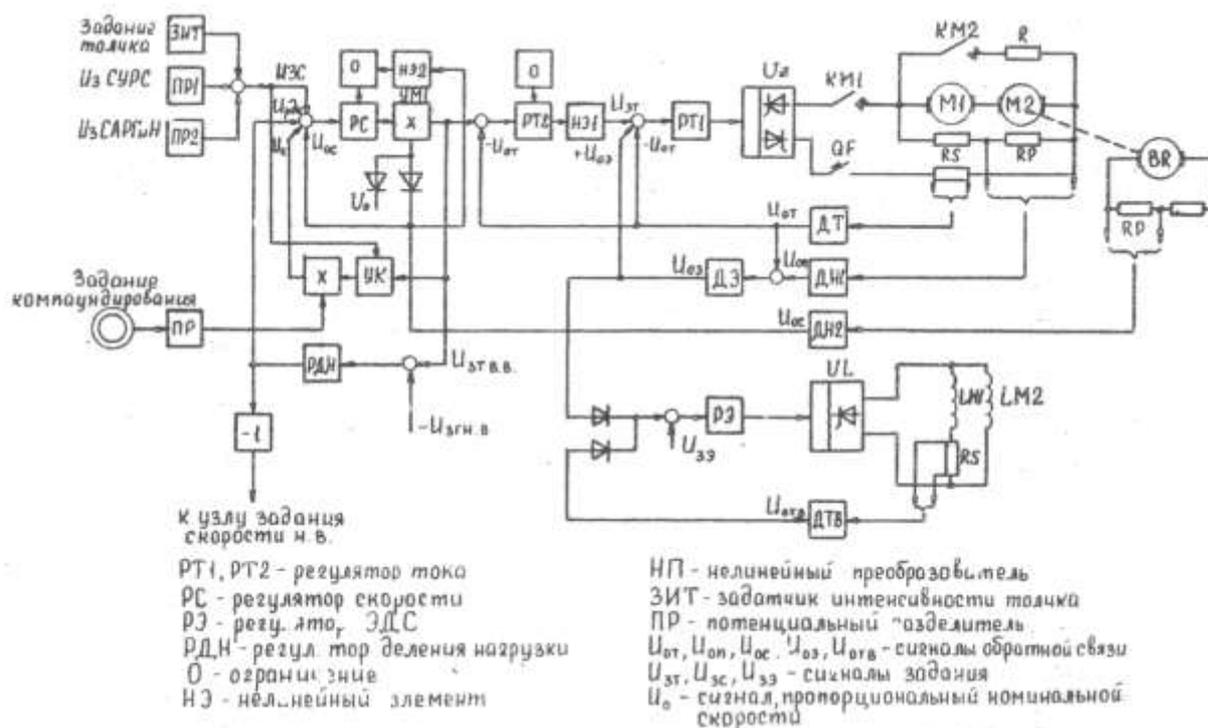
- оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

**Материальное обеспечение:** инструкции по выполнению практических работ.

**Задание:** изучить схему двухзонного регулирования скорости на примере схемы непрерывного стана холодной прокатки

### Порядок выполнения работы:

1. По схеме определить тип двигателя, способ регулирования скорости двигателя;
2. Выписать все элементы схемы, определить их назначение в схеме;
3. Найти в схеме устройства защиты и пояснить принцип их работы;
4. Ответить на контрольные вопросы.



### **Ход работы:**

Для привода рабочих валков использованы двигатели постоянного тока, якорные цепи которых получают питание от тиристорных преобразователей. Такая система привода имеет высокий КПД, а также высокое быстродействие, что особенно необходимо для построения систем подчиненного регулирования координат. Для питания якорной цепи двигателя применяется реверсивный тиристорный преобразователь для обеспечения рекуперативного торможения и толчковой работы клетки в обоих направлениях. Тиристорный преобразователь подключается к сети через силовой трансформатор. Обмотка возбуждения двигателя получает питание от нереверсивного тиристорного возбудителя. Силовая схема главной цепи двигателя представлена на рисунке 3, а схема питания цепей возбуждения двигателя клетки, представлена на рисунке 4.

**Защита электропривода.** Защита от внутренних коротких замыканий, в случае пробоя тиристоров или потери тиристором запирающих свойств осуществляется быстродействующими плавкими предохранителями, включенными последовательно с тиристорами. В схеме предусмотрено параллельное соединение тиристоров. При пробое одного из параллельно работающих тиристоров преобразователь может продолжать работу, но длительность такой работы ограничена во времени. Поврежденный тиристор при этом выключается из работы предохранителем, а в схему индикации подается сигнал о перегорании предохранителя.

Защита от внешних коротких замыканий на входе в преобразователь осуществляется масляным выключателем на стороне переменного тока, установленным в ячейке распределительного устройства цеховой подстанции. Время срабатывания масляного выключателя 0,08-0,14 с, уставка срабатывания выбрана равной  $5 \cdot I_{фн}$  ( $I_{фн}$  - номинальный фазный ток).

При "опрокидывании" инвертора, возникающем вследствие нарушения правильной коммутации тока с одного вентиля на другой, а также при внешних коротких замыканиях на выходе преобразователя блокируются управляющие импульсы и преобразователь отключается от нагрузки. Воздействие на управляющие импульсы предотвращает развитие аварии при переходе аварийного тока на

последующие по порядку работы тиристоры. В качестве чувствительного элемента защиты используется реле «дифференциальный шунт» (РДШ), а также датчик и трансформаторы тока на стороне переменного. Уставка срабатывания РДШ выбирается равной  $2,75 \cdot I_n$  ( $I_n$  - номинальный ток якорной цепи двигателя). Отключение осуществляется быстродействующим автоматическим выключателем ВАТ-42. Время срабатывания выключателя составляет 0,015 с.

Предусмотрена защита от превышения скорости двигателя сверх допустимого значения. Отключение осуществляется центробежным реле РЦС. Уставка срабатывания этой защиты равна

$1,1 n_{мах}$  ( $n_{мах}$  - максимальная допустимая скорость вращения двигателя)

Отключение привода происходит также при превышении ЭДС двигателя максимально допустимого значения, уставка выбирается равной  $1,15 \cdot E_{дв.н.}$  ( $E_{дв.н.}$  - номинальная ЭДС якоря двигателя).

На стороне переменного тока в силовой части включаются RC- цепочки, уменьшающие перенапряжения, связанные с включением и отключением преобразовательного трансформатора. Периодические коммутационные перенапряжения на тиристорах уменьшаются за счет RC – цепочек, шунтирующих тиристоры.

Система защиты контролирует возбуждение двигателя. Максимальная токовая защита цепи возбуждения имеет уставку  $1,25 \cdot I_{в.н.}$  ( $I_{в.н.}$  - номинальный ток возбуждения двигателя).

Защита от обрыва поля срабатывает при  $0,851 \cdot I_{в.мин.}$  ( $I_{в.мин.}$  - минимальный ток возбуждения).

В схему индикации введен контроль принудительной вентиляции силовых блоков и контроль уровня изоляции силовых блоков.

В настоящее время конкурентными по свойствам и характеристикам являются приводы на переменном токе с частотным управлением. Основным препятствием к быстрому внедрению таких приводов являются сложности систем управления ими. Большая стоимость оборудования из-за отсутствия отечественных преобразователей частотного управления не позволяет в полном объеме использовать в настоящее время привод переменного тока.

Регулируемым параметром в системе автоматического регулирования валков дрессировочного стана является скорость двигателя. Регулирование скорости осуществляется по принципу подчиненного регулирования координат. Так как скорость двигателя превышает номинальную, выбирается двухзонная система регулирования, то есть регулирование скорости валков клетки до номинальной осуществляется за счет изменения напряжения питания якорной цепи двигателя, а выше номинальной за счет изменения потока возбуждения.

В системе регулирования скорости валков предусмотрены следующие основные узлы:

- схема регулирования скорости воздействием на напряжение якоря двигателя;
- схема регулирования скорости воздействием на поток возбуждения двигателя;
- узел задания скорости;
- узел ограничения тока якоря;
- узел компаундирования (смягчения механических характеристик);
- узел деления нагрузок.

**Схема регулирования скорости воздействием на напряжение питания якорной цепи двигателя.** Схема регулирования скорости воздействием на напряжение питания якорной цепи двигателя представляет собой двухконтурную систему с внутренним контуром регулирования тока и внешним контуром регулирования скорости.

Контур регулирования тока является внутренним контуром и обладает наибольшим быстродействием. Контур регулирования тока включает в себя регулятор тока, тиристорный преобразователь, якорную цепь двигателя и обратную связь по току, реализованную с помощью шунта в якорной цепи и датчика тока.

Контур регулирования скорости является внешним по отношению к контуру регулирования тока и имеет меньшее быстродействие. Контур регулирования скорости включает в себя регулятор скорости, замкнутый контур регулирования тока, двигатель (механическая инерция) и обратную связь по скорости, реализованную с помощью тахогенератора, делителя напряжения и датчика напряжения.

При изменении потока возбуждения при работе двигателя во второй зоне изменяются параметры контура скорости. Для компенсации этого изменения с целью обеспечения оптимальной настройки контура при различных значениях магнитного потока коэффициент регулятора скорости изменяется обратно пропорционально потоку возбуждения. Это обеспечивается введением в контур регулирования скорости множительного устройства МУ1.

**Схема регулирования скорости воздействием на поток возбуждения двигателя.** Управление потоком возбуждения зависимое в функции ЭДС двигателя. Для регулирования возбуждения применена одноконтурная система с переключающимися обратными связями по ЭДС или по току возбуждения двигателя. Переключение обратных связей осуществляется схемой выделения максимума на диодах: при скорости ниже основной, когда сигнал, пропорциональный току возбуждения, больше сигнала пропорционального ЭДС якоря, одноконтурная система поддерживает номинальный ток возбуждения двигателя. При

скорости выше основной, когда сигнал ЭДС за счет ошибки регулирования больше сигнала тока возбуждения, одноконтурная система поддерживает заданное значение ЭДС. В состав контура входит тиристорный возбудитель, обмотки возбуждения двигателя ОВД1, ОВД2, обратные связи по току возбуждения ( состоит из шунта и датчика тока возбуждения ДТВ) и по ЭДС якоря, схема выделения максимального сигнала на диодах регулятора, на входе которого суммируются сигналы задания и обратной связи.

**Узел задания скорости.** На вход регулятора скорости подается сигнал задания на скорость из схем управления скоростными режимами стана, задание скорости толчка от задатчика интенсивности, сигнал из системы автоматического регулирования натяжения и толщины.

**Узел ограничения тока якоря.** В цепи обратной связи регулятора скорости установлено регулируемое ограничение тока якоря в функции скорости, которое учитывает уменьшение перегрузочной способности двигателя при скорости выше номинальной в соответствии с эксплуатационной характеристикой. Уставка ограничения снижается с помощью нелинейного элемента НЭ2.

**Узел компаундирования.** При заправке полосы в клеть привод работает со смягченной механической характеристикой, жесткость которой устанавливается вальцовщиком при помощи сельсина задания компаундирования. Характеристика смягчается подачей на вход регулятора скорости обратной связи по заданию статического момента. После заправки полосы стан разгоняется до рабочей скорости, при которой требуется абсолютно жесткая механическая характеристика. Повышение жесткости характеристик в процессе разгона обеспечивает умножитель УМ-2, управляемый нелинейным преобразователем НП.

Характеристика НП уменьшает выходной сигнал цепи обратной связи по статическому моменту до нулевого уровня при скорости, несколько превышающей максимальную заправочную.

**Узел деления нагрузки.** Выравнивание нагрузки двигателей верхнего и нижнего валков осуществляется специальным пропорциональным регулятором деления нагрузки, на входе которого сравниваются сигналы задания на ток двигателей верхнего и нижнего валков. Выравнивание нагрузок двигателей осуществляется путем воздействия на напряжение двигателя. Сигнал с выхода регулятора деления нагрузок, пропорциональный разности нагрузок двигателей, с противоположными знаками подается на вход регулятора скорости таким образом, чтобы увеличить задание на скорость менее загруженного двигателя и снизить задание на скорость более загруженного двигателя. Функциональная схема САРС клетки представлена на рисунке.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какие требования предъявляются к электроприводу станов холодной прокатки?
2. Перечислите основные защиты электропривода станов холодной прокатки.
3. В чем заключается сущность двухзонного регулирования скорости.
4. Достоинства и недостатки индивидуального электропривода валков.
5. Какие физические параметры подлежат регулированию в электроприводах прокатных станов, сколько контуров содержит схема управления?
6. Назначение узла компаундирования.
7. Каким образом осуществляется деление нагрузки между двигателями нижнего и верхнего валков прокатного стана?

**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 №23**

#### **Изучение схемы тиристорный преобразователь – двигатель (на примере электропривода механизма поворота конвертора).**

##### **Цель работы:**

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

##### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

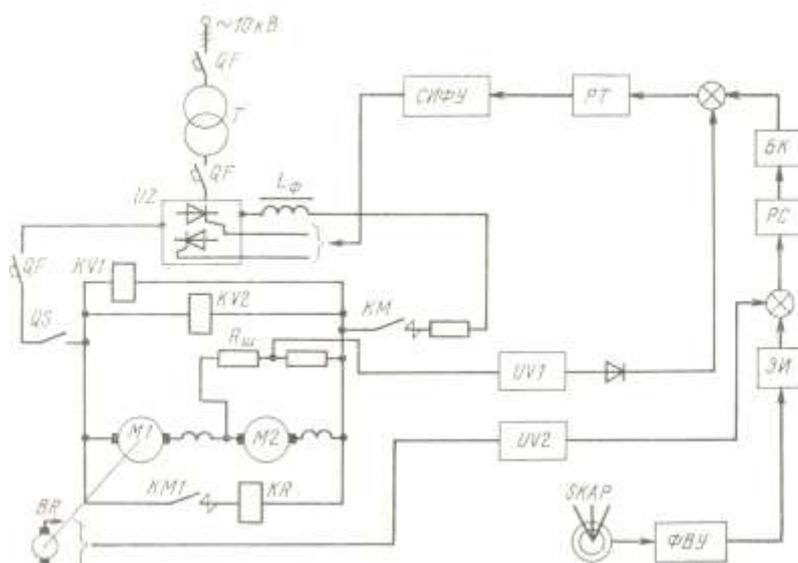
- оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

**Материальное обеспечение:** инструкции по выполнению практических работ.

**Задание:** изучить схему тиристорный преобразователь – двигатель (на примере электропривода механизма поворота конвертора).

##### **Порядок выполнения работы:**

1. По схеме определить тип двигателя, способ регулирования скорости двигателя;
2. Выписать все элементы схемы, определить их назначение в схеме;
3. Найти в схеме устройства защиты и пояснить принцип их работы;
4. Ответить на контрольные вопросы.



### Ход работы:

Схема электропривода механизма поворота конвертора выполнена по системе ТП-Д, поскольку управление конвертором осуществляется из нескольких мест (с главного поста, поста управления на стороне слива стали, поста управления на стороне слива шлака), то предусматривается возможность задания скорости поворота со всех постов управления. В качестве аппарата задающего величину скорости поворота конвертора в настоящее время применяют сельсинные командоаппараты типа SKAP, позволяющие плавно задавать скорость поворота во всем диапазоне регулирования.

Система управления построена по принципу подчиненного регулирования с последовательной коррекцией координат. Система автоматического регулирования привода поворота конвертора имеет два контура: внешний контур регулирования скорости и внутренний контур регулирования тока. Сигнал обратной связи по скорости поступает от тахогенератора BR, сигнал обратной связи по току поступает с шунта и датчика напряжения UV1.

Задача равномерного распределения нагрузки между двигателями привода поворота решается следующим образом: группа двигателей, питающихся от индивидуального тиристорного преобразователя, имеет свой регулятор тока, задание которому поступает от одного регулятора скорости (применяется один регулятор скорости на все силовые блоки). Учитывая, что угловая скорость всех двигателей одинакова, одно и то же задание, поступающее на вход подчиненного регулятора тока, обеспечивает одинаковые токи групп.

Ограничение ускорения в период разгона и торможения осуществляется путем формирования входного управляющего сигнала в виде линейной функции времени с помощью задатчика интенсивности ЗИ.

В качестве устройств, реализующих отдельные узлы схемы управления (здатчики интенсивности, регуляторы тока и скорости, фазовыпрямительные устройства и т. д.) используются блочные системы УБСР –АИ. Предусмотрено взаимное резервирование элементов системы управления.

### Контрольные вопросы

1. Требования, предъявляемые к электроприводу поворота конвертора.
2. Достоинства и недостатки системы ТП-Д.
3. Назначение и принцип действия задатчика интенсивности.
4. Каким образом в рассмотренной схеме решается задача равномерного распределения

нагрузки между двигателями.

5. Какие виды защиты применяются в схеме.
6. Какие обратные связи применяются в схеме.
7. Обоснуйте выбор системы ТП-Д для привода механизма поворота конвертора.

**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 № 24**

**Изучение схемы выравнивания скорости и нагрузок прокатных электродвигателей.**

**Цель работы:**

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;

**Материальное обеспечение:** инструкции по выполнению практических работ.

**Задание:**

Изучить схему выравнивания скорости и нагрузок прокатных электродвигателей.

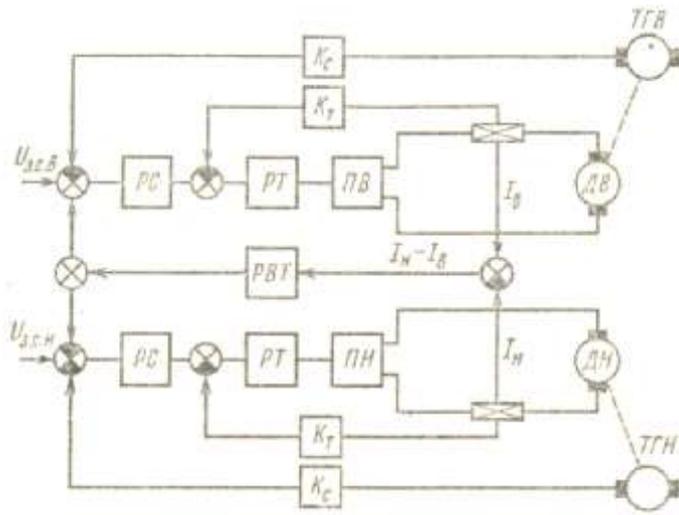


Рисунок 1 -Схема выравнивания токов с сепаратным управлением

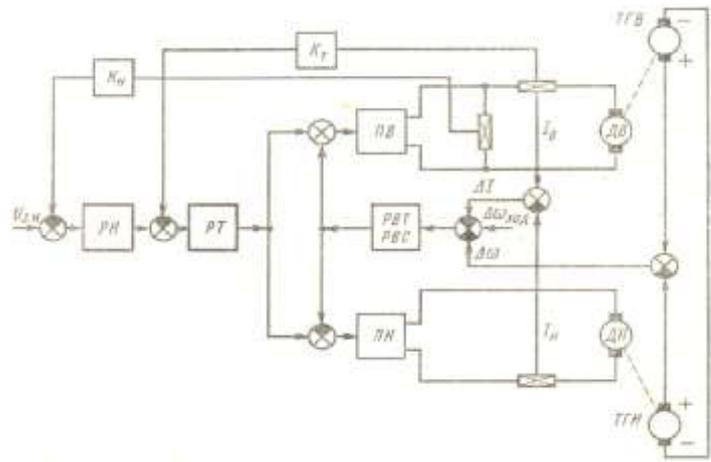


Рисунок 2 – Схема выравнивания скоростей и токов с групповым управлением

**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