

Міністерство освіти та науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ**  
**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ**

для студентів спеціальності 151  
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
денної та заочної форми навчання

Затверджено  
на засіданні  
каф. АВП  
Протокол № 3  
Від 06 січня 2018 р.

Краматорськ 2018

УДК 681.51:62.83

Технічні засоби автоматизації: Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни для студентів спеціальності 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології денної та заочної форми навчання / Укл. О.В. Разживін. – Краматорськ: ДДМА, 2018–36с.

Містить теоретичну частину і вимоги до порядку виконання, змісту, оформлення контрольної роботи по курсу «Технічні засоби автоматизації».

Укладач

Разживін Олексій Валерійович, доц.

Відповід. за випуск

Суботін Олег Володимирович, доц.

Редактор

Н.О. Хахіна

18/2006. Підп. до друку  
Папір офсетний. Ум. друк. арк.  
Тираж 50 экз

Формат 60×84/16  
Обл.-вид. арк.  
прим. Зак. №

Видавець і виготівник  
«Донбаська державна машинобудівна академія»  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
серія ДК №1633 від 24.12.03

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Методические указания к выполнению контрольной работы	4
2	Краткий конспект лекций	5
2.1	Классификация электрических машин и аппаратов	5
2.2	Построение электромеханических и механических характеристик электродвигателей	7
2.3	Проектирование релейно-контакторных схем управления электроприводом	11
2.4	Проектирование комбинационно-логических схем управления электроприводом	20
2.5	Проектирование средств ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов	23
3	Задание к выполнению контрольной работы	32
	Список литературы	36

# 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В процессе изучения курса «Технические средства автоматизации» студент выполняет одну контрольную работу.

Целью выполнения контрольной работы является: изучить важнейшие методологические вопросы, проверить умение студента применять на практике основные положения курса, приобрести практические навыки в расчетах, построении, проектировании и оформлении релейно-контакторных и комбинационно-логических схем систем управления электроприводами, научиться понимать и анализировать их.

Задание к контрольной работе предлагается в 30 вариантах. Вариант выбирается по двум последним цифрам зачетной книжки. Каждый вариант контрольной работы включает 3 задачи по наиболее важным разделам курса.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа, задания, основной части и списка использованной литературы.

Работа должна быть выполнена самостоятельно. На обложке тетради (титульном листе) необходимо указать фамилию, имя и отчество, факультет, курс и точный домашний адрес студента. В конце работы необходимо привести список использованной литературы, поставить дату и подпись.

Объем контрольной работы составляет 10-15 страниц, написанных от руки разборчиво или выполненных с применением ПЭВМ. Изображения графиков зависимостей и схем должны приводиться сразу же после ссылки на них в тексте или на следующей странице. Рекомендуется релейно-контакторные и комбинационно-логические схемы приводить на отдельной странице, а на следующей странице – описание их принципа действия.

## 2 КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### 2.1 Классификация электрических машин и аппаратов

Электрическая машина – это электромеханический преобразователь механической энергии в электрическую (генератор) или электрической в механическую (двигатель).

Электрический аппарат (ЭА) – это электротехническое устройство (ЭТУ), которое используется для включения и отключения электрических цепей, контроля, измерения, защиты, управления и регулирования установок, предназначенных для передачи, преобразования, распределения и потребления электрической энергии.

Электрические машины делятся на три класса:

1. индуктивные, у которых рабочим является магнитное поле;
2. емкостные, у которых рабочим является электрическое поле;
3. индуктивно-емкостные, у которых преобразование энергии осуществляется с помощью магнитного и электрического поля.

По роду тока электрические машины делятся на машины:

- переменного тока (синхронные, асинхронные, коллекторные машины переменного тока, трансформаторы);
- постоянного тока (двигатели постоянного тока, высокомоментные двигатели, трансформаторы постоянного тока и др.)

По режиму работы электрические машины делятся на:

- генераторы;
- двигатели.

Все электрические машины являются обратимыми: одна и та же машина может работать как в двигательном, так и в генераторном режимах.

Классификация ЭА может быть проведена по ряду признаков: назначению (основной выполняемой функции), области применения, принципу действия, роду тока, конструктивным особенностям и др. Основной является клас-

сификация по назначению:

1 Коммутационные аппараты распределительных устройств, служащие для включения и отключения электрических цепей (рубильники, пакетные выключатели, предохранители, автоматические выключатели и др.). Для них характерно относительно резкое их включение и отключение.

2 Ограничивающие аппараты, предназначенные для ограничения токов короткого замыкания (реакторы) и перенапряжений (разрядники). Режимы короткого замыкания и перенапряжения являются аварийными, и эти аппараты подвергаются наибольшим нагрузкам редко.

3 Пускорегулирующие аппараты, предназначенные для пуска, регулировки частоты вращения, напряжения и тока электрических машин (контроллеры, командоконтроллеры, пускатели, резисторы и реостаты). Для этих аппаратов характерно частое включение и отключение (до 3600 в час и более).

4 Аппараты для контроля заданных электрических и неэлектрических параметров (реле и датчики).

5 Аппараты для измерений. С помощью этих аппаратов цепи первичной коммутации изолируются от цепей измерительных и защитных приборов, а измеряемая величина приобретает значение, удобное для измерения (трансформаторы тока и напряжения, емкостные делители напряжения, оптронные развязки).

6 Электрические регуляторы, предназначены для регулирования заданного параметра по определенному закону, изучаются в курсе ТАУ.

Классификация по областям применения:

1 Аппаратура распределительных устройств низкого (до 1000В) и высокого напряжения более (1000В);

2 Аппаратура в САУ и системах управления электроприводами (ЭП).

Требования к ЭА весьма разнообразны и зависят от назначения, условий эксплуатации и т.д. Однако можно сформулировать и общие требования:

1 Аппараты (А), предназначенные для частого включения отключения, должны иметь высокую износостойкость.

2 Контакты, предназначенные для отключения токов короткого замыкания, должны быть рассчитаны на этот режим.

3 Изоляция ЭА должна выдерживать перенапряжения, которые имеют место в эксплуатации, и обладать определенным запасом.

4 Надежность и соответствующее быстродействие.

5 Минимальные масса, габариты и стоимость.

## 2.2 Построение электромеханических и механических характеристик электродвигателей

Рассмотрим методику построения естественной и искусственных электромеханических характеристик двигателя постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения. При построении данных характеристик используются следующие исходные данные:

- номинальная мощность двигателя  $P_n$ , кВт;
- номинальное напряжение питания  $U_n$ , В;
- номинальный ток  $I_n$ , А;
- номинальная частота вращения  $n_n$ , мин<sup>-1</sup>;
- сопротивление двигателя  $r_{\partial в}$ , Ом.

Электромеханическая характеристика двигателя описывается уравнением:

$$\omega = \omega_0 - \Delta\omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{I_n(r_{\partial в} + r_{\partial on})}{k\Phi},$$

где  $M = k\Phi \cdot I$  – момент на валу электродвигателя.

Естественная электромеханическая характеристика  $\omega = f(I)$  ДПТ с учетом ее линейности строится по двум точкам, координаты которых  $(\omega_0, I_n=0)$ ;  $(\omega_n, I_n)$ .

1. Определяем номинальную круговую частоту вращения:

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30}, \text{ с}^{-1}$$

2. Определяем номинальную величину коэффициента по потоку

$$k\Phi_n = \frac{U_n - I_n r_{\partial в}}{\omega_n}, \text{ В}\cdot\text{с}$$

3. Определяем угловую частоту вращения холостого хода

$$\omega_0 = \frac{U_n}{k\Phi_n}$$

Для построения искусственной характеристики при введении добавочного сопротивления в цепь якоря изменяется только величина падения скорости  $\Delta\omega$ , а скорость холостого хода  $\omega_0$  остается неизменной, поэтому необходимо определить только величину падения скорости вращения.

$$\Delta\omega = \frac{I_n (r_{\partial в} + r_{\partial on})}{k\Phi}$$

Для построения искусственной характеристики изменением величины питающего напряжения изменяется только скорость холостого хода  $\omega_0$ , а величина падения скорости  $\Delta\omega$  остается неизменной, поэтому необходимо пересчитать  $\omega_0$ .

Для построения искусственной характеристики изменением величины потока изменяется скорость холостого хода  $\omega_0$ , и величина падения скорости  $\Delta\omega$ , поэтому необходим их пересчет.

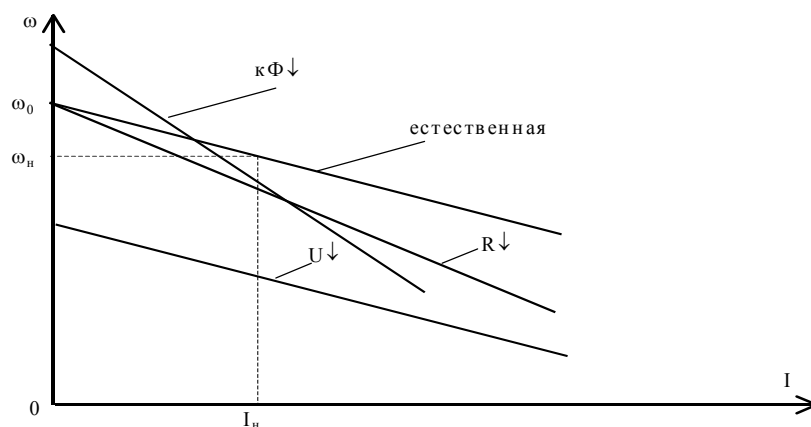


Рисунок 2.1 – Электромеханические естественная и искусственные характеристики ДПТ



Построение характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором.

Исходные данные для построения электромеханической характеристики:

- Номинальная мощность двигателя:  $P_n$ , кВт;
- Номинальное напряжение питания:  $U_n$ , В;
- Номинальный ток:  $I_n$ , А;
- Номинальная частота вращения:  $n_n$ , мин<sup>-1</sup>;
- Сопротивление двигателя:  $r_{\partial\partial}$ , Ом.

При построении механических характеристик асинхронных двигателей используют уравнение Клосса:

$$M = \frac{2M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}$$

Построение естественной характеристики АД производят в следующей последовательности:

Дано:

- номинальная мощность электродвигателя:  $P_n$ , кВт;
- номинальная частота вращения поля статора:  $n_1$ , мин<sup>-1</sup>;
- номинальная частота вращения ротора:  $n_2$ , мин<sup>-1</sup>;
- перегрузочная способность:  $\lambda = \frac{M_{\max}}{M_n}$ ;
- Сопротивление роторной обмотки:  $r_2$ , Ом.

1. Определяем номинальное скольжение:  $S_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0}$ ;  $n_0 = n_1 = \frac{60f}{p}$ ;

$$S_n = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0}; \omega_0 = \frac{2\pi f}{p},$$

где  $p$  – число пар полюсов;  $f$  – частота питающей сети,  $f = 50$  Гц.

2. Определяем номинальную скорость вращения:  $\omega_n = \frac{\pi n_n}{30}$ , с<sup>-1</sup>;

3. Определяем номинальный момент:  $M_n = \frac{1000 P_n}{\omega_n}$ , Нм;

4. Определяем критический момент:  $M_k = M_n \lambda$ ;
5. Определяем критическое скольжение:  $s_k = s_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1})$ ;
6. По уравнению Клосса, задаваясь значениями  $s$  от 0 до 1 строим естественную механическую характеристику двигателя.

7. При построении искусственной механической характеристики полученной введение добавочного сопротивления в цепь ротора, воспользуемся формулой Клосса, но вместо значения  $s_{ke}$  подставим значение  $s_{ku}$ , тогда:

$$s_{ke} = \frac{r_2}{\sqrt{r_1^2 + x_k^2}}; s_{ku} = \frac{r_2 + r_{доб}}{\sqrt{r_1^2 + x_k^2}}, \text{ приравняв получим}$$

$$s_{ke} = s_{ku} \frac{r_2 + r_{доб}}{r_2} \text{ или } \frac{s_u}{s_e} = \frac{s_{ku}}{s_{ke}} \Rightarrow s_u = s_e \frac{s_{ku}}{s_{ke}} = s_e \frac{r_2 + r_{доб}}{r_2} = s_e \cdot k$$

8. Построение искусственной характеристики при напряжении отличном от номинального:

$$M_c \cong U_n^2 \Rightarrow \frac{M_u}{M_c} = \left( \frac{U}{U_n} \right)^2;$$

$$M_u \cong U^2$$

$$M_u = M_e \left( \frac{U}{U_n} \right)^2.$$

Общий вид механических характеристик АД приведен на рисунке 2.2.

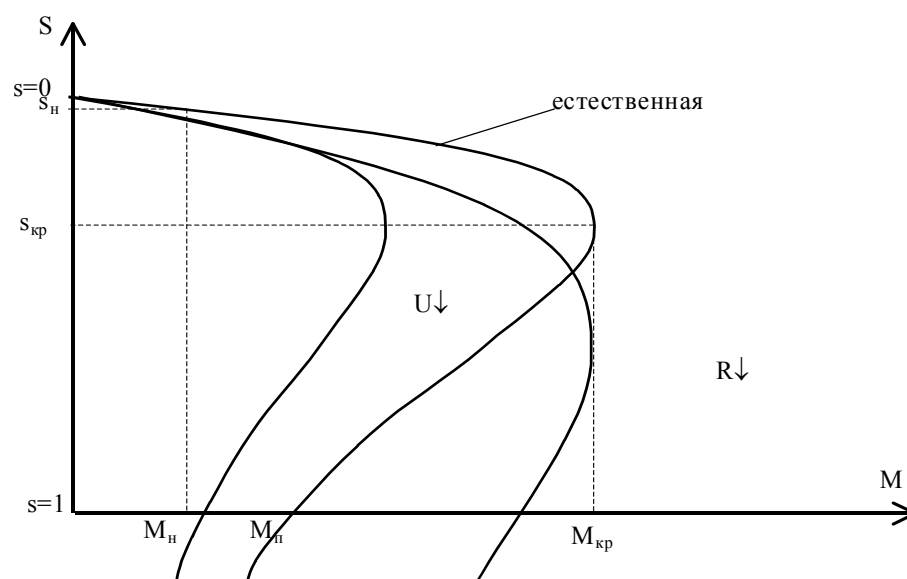


Рисунок 2.2 – Механические естественная и искусственные характеристики АД

## 2.3 Проектирование релейно-контакторных схем управления электроприводом

### Классификация, характеристики и требования к реле

Реле – это электрический аппарат, в котором при плавном изменении управляющего (входного) параметра до определенной наперед заданной величины происходит скачкообразное изменение управляемого (выходного) параметра.

#### Классификация реле:

а) по области применения: для схем автоматики, для управления и защиты энергосистем и электроприводов;

#### б) по принципу действия:

- электромагнитные, поляризованные, тепловые, индукционные, магнитоэлектрические, полупроводниковые и другие;

#### в) в зависимости от выбранного входного параметра:

- реле тока, напряжения, мощности, частоты и других величин, дифференциальное реле (реагирует на изменение знака)

#### г) по принципу воздействия на управляемую цепь:

- контактные и бесконтактные;

#### д) по способу включения в цепь:

- первичные и вторичные.

Первичные реле включаются в управляемую цепь непосредственно, вторичные – через измерительные трансформаторы.

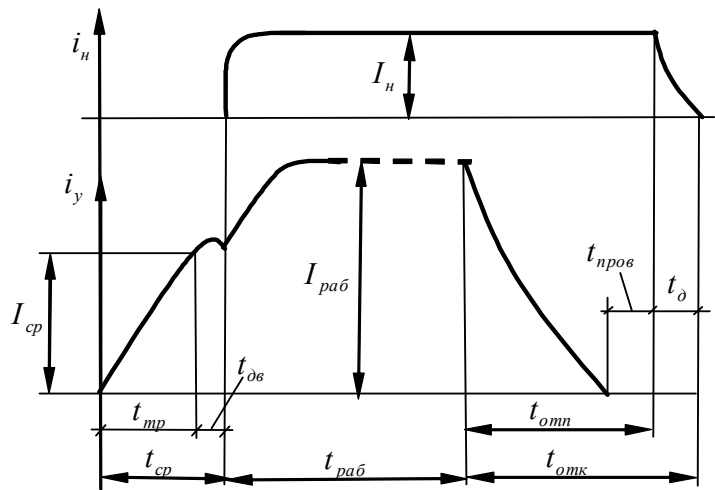
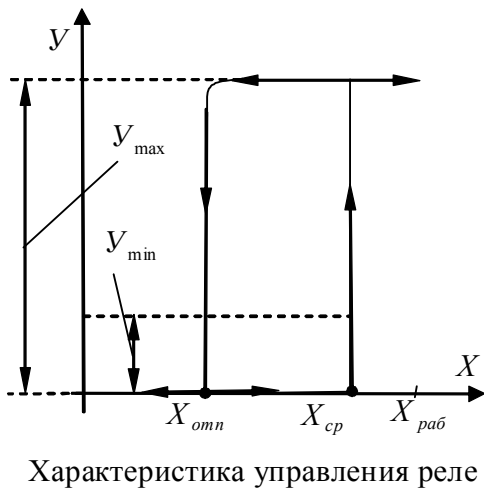


Рисунок 2.3 – Характеристики реле

Значение входного параметра  $X$  (напряжения, тока и т.д.), при котором происходит срабатывание реле, называется параметром срабатывания ( $X_{ср}$ ).

Значение входного параметра, при котором происходит скачкообразное отпускание реле, называется параметром отпускания ( $X_{отп}$ ).

$$K_3 = \frac{X_{раб}}{X_{ср}} - \text{коэффициент запаздывания;}$$

$$K_B = \frac{X_{отп}}{X_{ср}} - \text{коэффициент возврата.}$$

Время срабатывания:  $t_{ср} = t_{тр} + t_{дв}$ ,

где  $t_{тр}$  - время трогания;  $t_{дв}$  - время движения.

Время отключения:  $t_{откл} = t_{отп} + t_{пров} + t_{д}$ ,

где  $t_{отп}$  - время отпускания;  $t_{пров}$  - время провала;  $t_{д}$  - время угасания дуги.

Усилительное свойство реле характеризуется, коэффициентом усиления:

$$K_y = \frac{P_y}{P_{ср}},$$

где  $P_y$  - максимальная мощность нагрузки в управляемой цепи;  $P_{ср}$  - мини-

мальная мощность срабатывания.

Требования к реле:

- селективность, быстродействие, чувствительность, надежность.

Реле времени с электромагнитным замедлением.

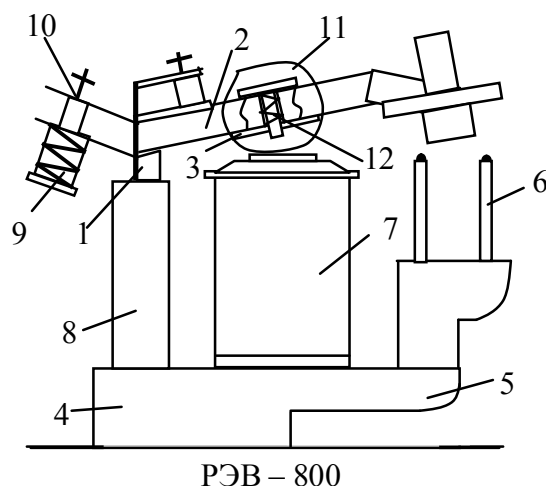


Рисунок 2.4 –Общий вид реле времени с электромагнитным замедлением: 1 – П-образный магнитопровод; 2 – якорь; 3 – немагнитная прокладка; 4 – плата; 5 – алюминиевый цоколь; 6 – контактная система; 7 – намагничивающаяся обмотка; 8 – короткозамкнутая обмотка в виде овальной гильзы; 9 – возвратная пружина; 10 – шплинт; 11 – механизм регулирования времени; 12 – натяжная пружина.

Настройка реле времени осуществляется путем регулировки усилия возвратной и натяжной пружины и величиной немагнитной прокладки.

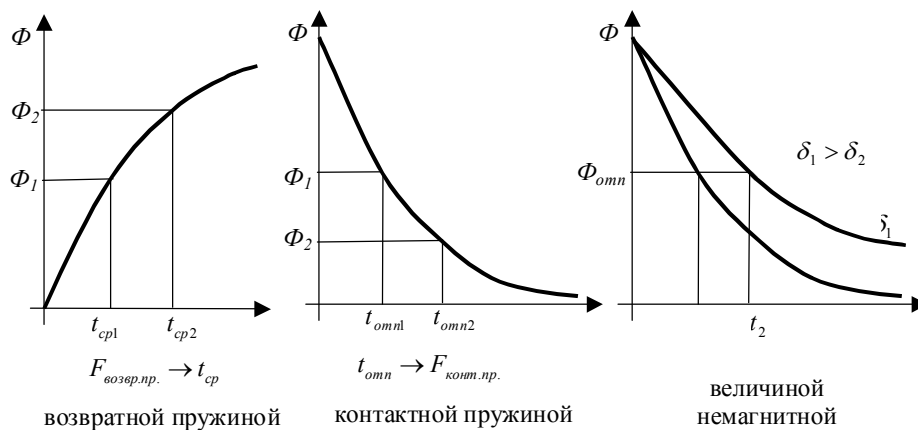


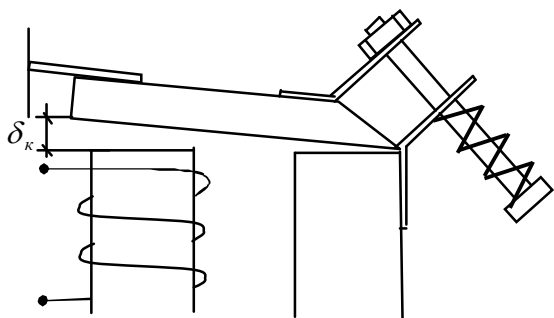
Рисунок 2.5 – Характеристики реле  $\Phi=f(t)$

## Электромагнитное реле тока и напряжения (РТ40)/

Эти реле благодаря своей простоте конструкции и надежности широко используются в схемах защиты энергосистем. Электромагнитные реле приводятся в действие с помощью электромагнитов постоянного и переменного тока.

Особенности реле тока:

- небольшое количество витков; небольшой диаметр сечения провода; большой конечный зазор  $\delta_{\min}$  до 5мм; малый ход якоря  $s = 1 \div 2$ мм для дости-



жения постоянства электромагнитного потока  $\Phi_{эм}$ , и электромагнитного усилия

$F_{эм}$ ; уставка тока срабатывания

$$I_{ср} = I_n \cdot ([30 \div 60] + 100)\%.$$

Реле напряжения отличаются диаметром провода и количеством витков.

Рисунок 2.6 – Общий вид реле тока

Тепловое реле.

Долговечность энергетического оборудования в значительной степени зависит от перегрузок, которым оно подвергается во время работы. Для любого объекта можно найти зависимость допустимой длительности протекания тока от его значения, при котором обеспечивается его надежная и длительная эксплуатация.

Для защиты энергетического оборудования от токовых перегрузок широко применяются тепловые реле с биметаллическими пластинами. Биметаллический элемент состоит из двух пластин с различным коэффициентом линейного расширения  $\alpha$ , эти пластины жестко закреплены друг с другом. Если такой элемент нагреть то происходит его изгиб в сторону материала с меньшим  $\alpha$ .

Максимальный изгиб:

$$X_{\max} = \frac{3}{4}(\alpha_1 - \alpha_2) \frac{l^2 \tau}{\delta},$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  - температурный коэффициент расширения материала  $\alpha_1 > \alpha_2$ ;  $\delta$  - суммарная толщина биметаллического материала;  $l$  - длина;  $\tau$  - превышение температуры биметаллического элемента относительно окружающей среды.

Незакрепленный конец элемента развивает усилие:

$$P = \frac{3}{16} (\alpha_1 - \alpha_2) \frac{b \sigma^2}{l} E \tau,$$

где  $b$  - ширина элемента;  $E = \frac{E_1 + E_2}{2}$  - средний модуль упругости материала элемента.

Широкое распространение получили материалы: инвар (малое  $\alpha$ ), хромоникелевая сталь (большое значение  $\alpha$ ).

Основной характеристикой теплового реле является зависимость времени от тока нагрузки (время-токовая характеристика).

$$t_{cp} = T \ln \frac{I^2 - I_0^2}{I^2 - I_\infty^2},$$

где  $T$  - постоянная времени нагрева реле;  $I_0$  - ток предварительной нагрузки, протекающий через элемент;  $I_\infty$  - ток сработки реле, за время  $t \gg T$ ;  $I$  - ток сработки реле за время  $t_{cp}$ .

Из-за инерционности теплового процесса тепловые реле, имеющие биметаллический элемент, не пригодны для защиты цепей от короткого замыкания. Поэтому защита должна быть дополнена магнитным реле, предохранителями или автоматическими выключателями.

Выбор реле.

1) Выбор токовых реле (КА)

а)  $I_{ном.р} \geq I_{ном.дв}$ , где  $I_{ном.р}$  и  $I_{ном.дв}$  - номинальный ток реле и двигателя,

который защищается;

б) установка реле по току срабатывания  $I_{уст} \geq (1,3 \div 1,5)I_{пуск}$ ,

где  $I_{пуск}$  - пусковой ток двигателя;

- для двигателей с фазным ротором:  $I_{уст} \geq (2,25 \div 2,5)I_{ном.дв}$  ;

установка КА0:  $I_{уст} \geq (2,25 \div 2,5)I'_{ном.дв} + \sum I_{ном.дв}$

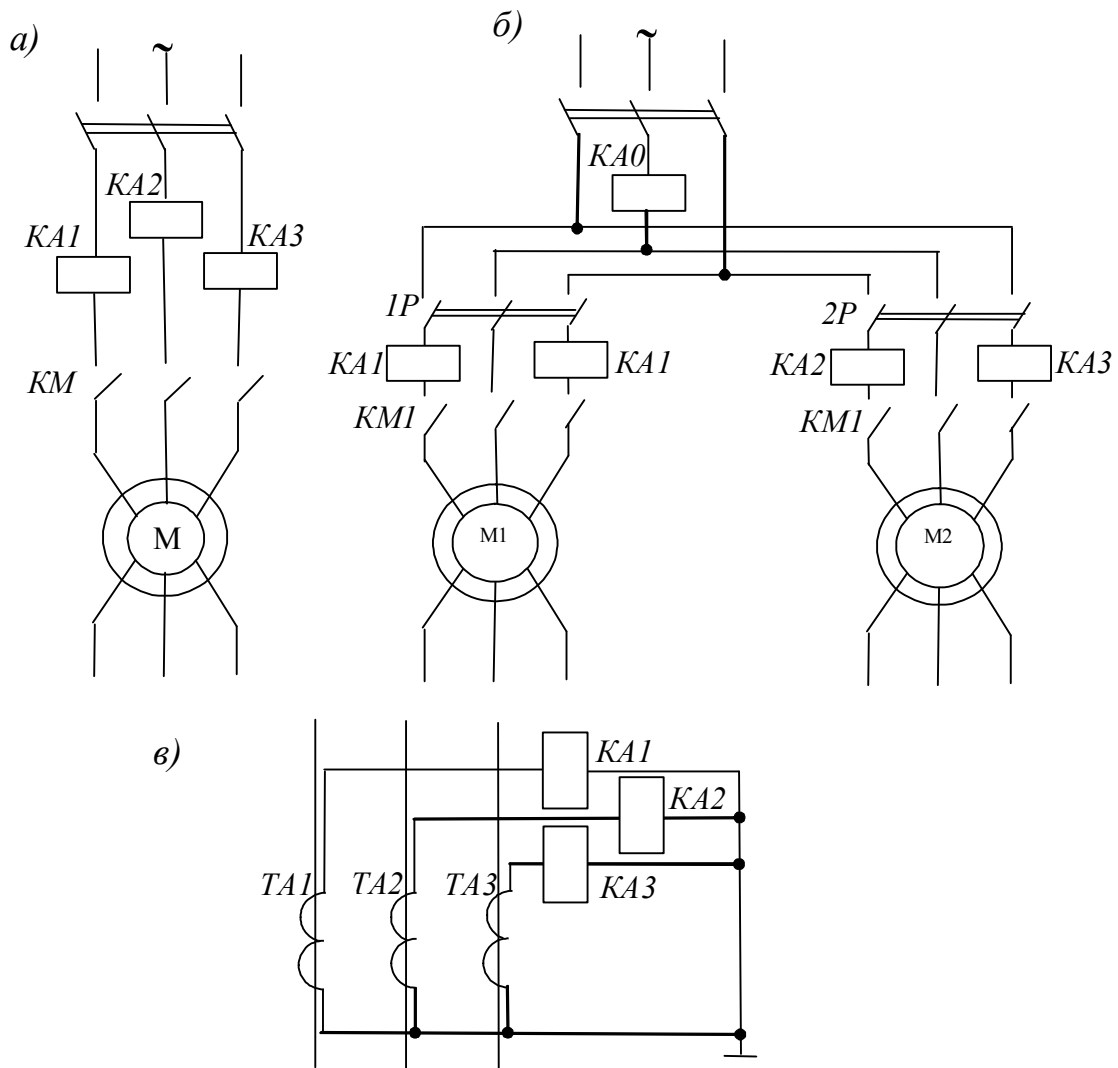


Рисунок 2.7 – Функциональные схемы включения реле тока

в) если токи цепи двигателей достаточно велики, то реле защиты включаются в цепь с помощью трансформаторов тока ТА

г) Для того чтобы защитить двигатель при затянувшемся пуске (велика нагрузка на валу) или кратковременной перегрузке, КА воздействует на контактор через реле времени КТ, которое запускается с помощью реле КА4, его ток



уставки:

$$I_{уст} \leq 0,75I_{пуск}$$

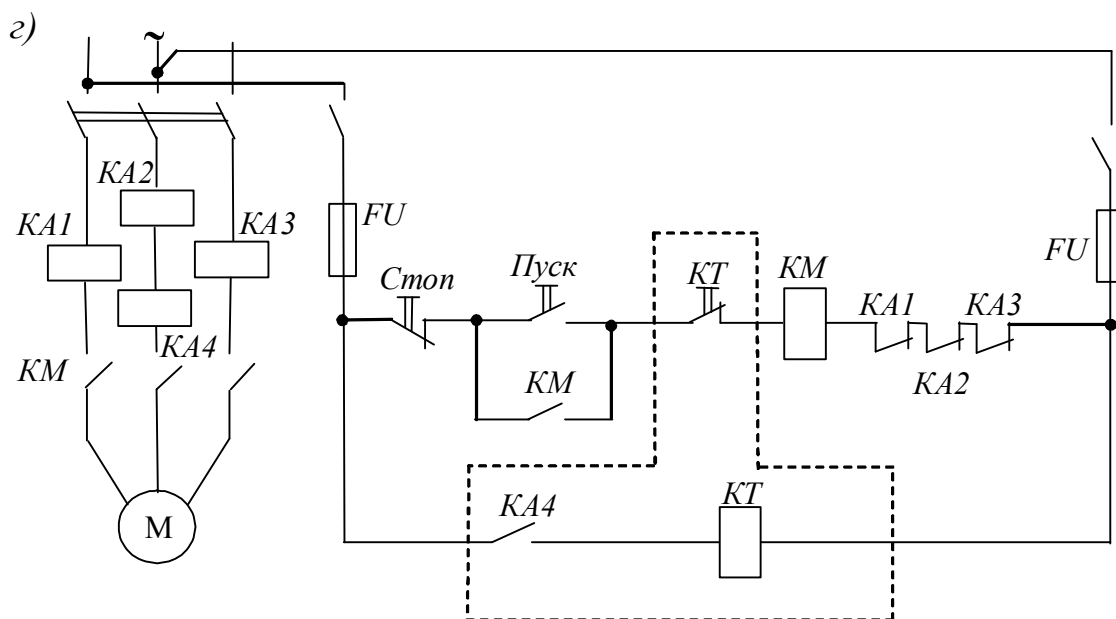


Рисунок 2.8 - Схема максимальной токовой защиты

## 2) выбор тепловых реле

Применение тепловых реле целесообразно при длительности включения двигателя более 30 минут.

Условия выбора теплового реле:

$$I_{ном.нагр} = I_{ном.дв}; \quad I_{уст} = (0,75 \div 1,25)I_{ном.нагр}$$

С учетом температуры окружающей среды:

$$I_{ном.нагр} = \frac{I_{ном.дв}}{1 - \frac{\delta}{100} \frac{\theta - \theta_{ном.окр}}{10}}$$

## 3) защита двигателей от снижения напряжения

При КЗ в сети напряжение на двигателе уменьшается, а ток в статоре возрастает.

Для защиты от снижения напряжения применяют электромагнитное реле напряжения KV.

Номинальное напряжение для реле KV:  $U_{ном} = U_{ном.с}$ .

Напряжение срабатывания для контактора:

- переменного тока  $U_{cp} \leq 0,85U_{ном.с}$

- постоянного тока  $U_{cp} \leq 0,65U_{ном.с}$

Напряжение отпущения реле с высоким коэффициентом возврата для самозапуска двигателя.

$$U_{отп.р} (0,6 \div 0,7)U_{ном.с}$$

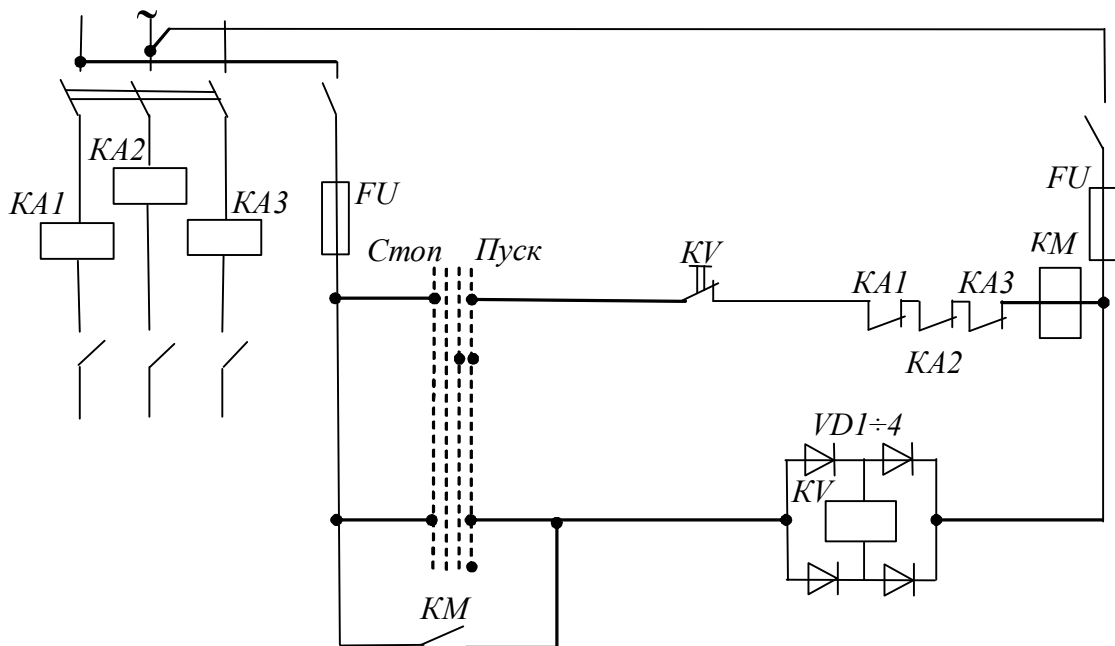


Рисунок 2.9 - Схема защиты двигателя падения напряжения

Рассмотрим релейно-контакторную схему пуска электродвигателей в функции времени. На рисунке 2.10 приведен пример реализации релейно-контакторной схемы реостатного пуска в 2 ступени асинхронного двигателя с фазным ротором в функции времени.

Принцип действия схемы: Пуск двигателя осуществляется нажатием кнопок «Пуск», «Вперед» или «Назад». Одновременное нажатие кнопок «Вперед» и «Назад» блокируется контактами KM1.3 и KM 2.3 коммутационных реле KM1 и KM2 соответственно. При нажатии кнопок пуска (например «Вперед») срабатывает коммутационное реле KM1, замыкая свои контакты KM 1.1 в главной цепи двигателя, в цепи коммутационного реле KM5 и шунтируя кнопку «Впе-

ред», а также размыкает свой контакт КМ 1.3. в цепи КМ2 запрещая тем самым пуск «Назад». В свое время коммутационное реле КМ5 замыкает свой контакт КМ 5.1 в цепи электромагнитного тормоза UZ, чем обеспечивается растормаживание двигателя. Одновременно взводится реле времени КТ1, которое через установленный промежуток времени замкнет свой контакт КТ 1.1 в цепи коммутационного реле КМ3 обеспечив тем самым коммутацию его контактов КМ 3.1 и КМ 3.2. Замыкание контакта КМ 3.1 шунтирует первую пусковую ступень двигателя, обеспечивая его дальнейший разгон.

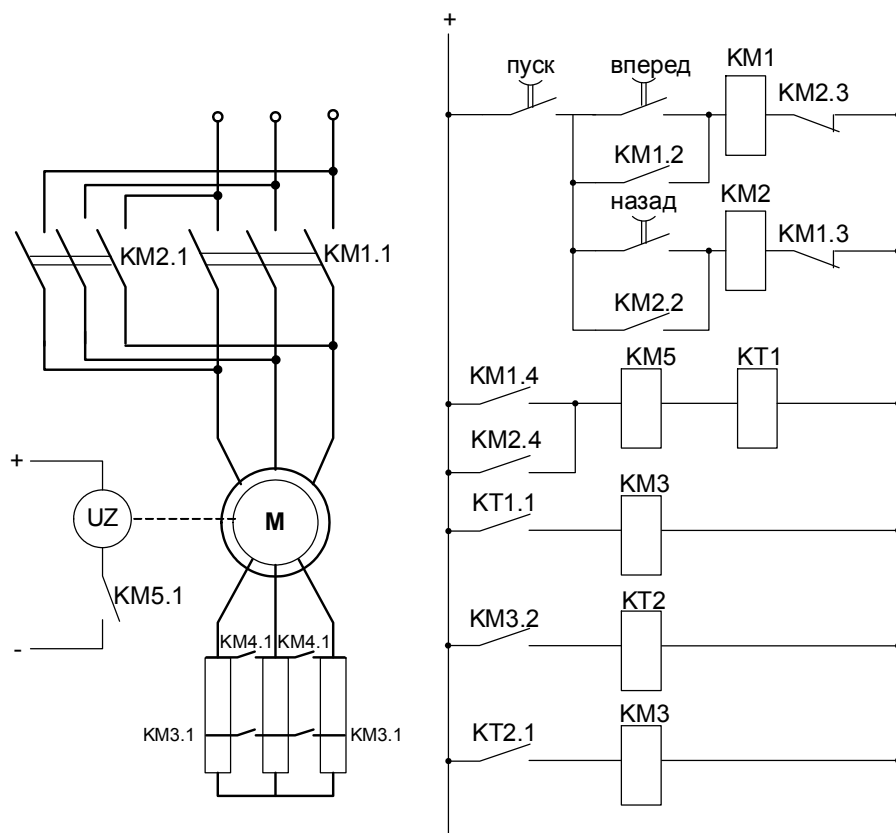


Рисунок 2.10 – Релейно-контакторная схема пуска асинхронного двигателя с фазным ротором в функции времени

Замыканием контакта КМ 3.2 происходит взвод реле времени КТ2, которое через установленный промежуток времени замкнет свой контакт КТ 2.1 в цепи коммутационного реле КМ4 обеспечив тем самым коммутацию его контактов КМ 4.1. Замыкание контакта КМ 4.1 шунтирует вторую пусковую ступень двигателя, обеспечивая его разгон до естественной характеристики.

## 2.4 Проектирование комбинационно-логических схем управления электроприводом

Функции, выполняемые логическими элементами.

Автоматическое управление электроприводами или электротехническим устройствами осуществляется элементами, которые взаимодействуют друг с другом и с управляемым объектом в определенной последовательности.

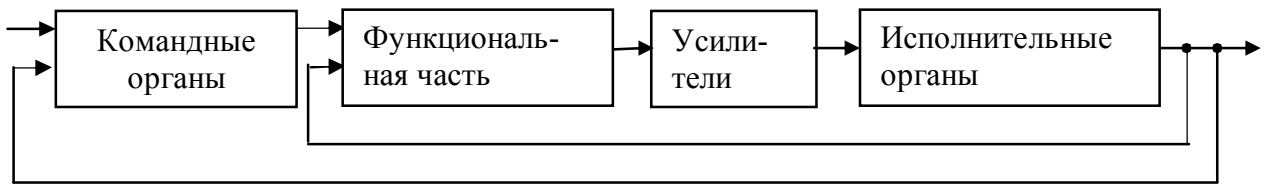


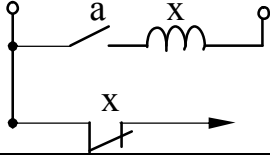
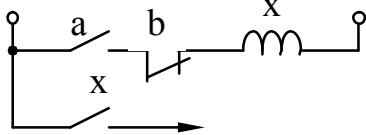
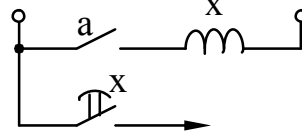
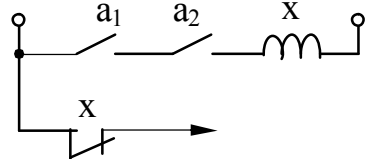
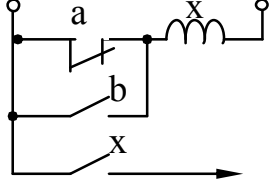
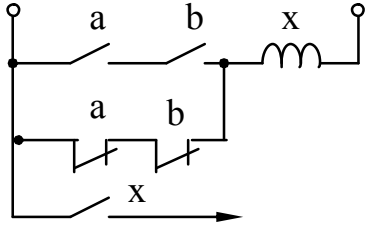
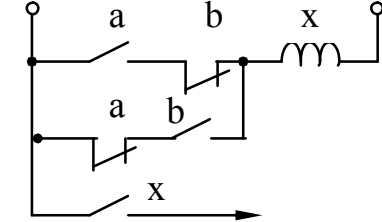
Рисунок 2.11 – Структурная схема САУ

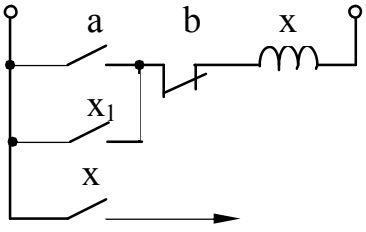
Логическая или функциональная часть предназначена для преобразования сигнала командных органов и датчиков в выходные сигналы в соответствии с заданной программой. Выходные сигналы логической части подаются в усилительные, а затем в исполнительные органы.

В большинстве случаев используются дискретные сигналы логической "0" или логическая "1".

Таблица 2.1 – Логические функции их релейные эквиваленты

Наименование функции	Содержание функции и ее формула	Релейный эквивалент
1	2	3
И	Сигнал на выходе есть при наличии сигналов на входе. $x = a_1 a_2 a_3$	
ИЛИ	Сигнал на выходе есть при сигнале на одном из входов. $x = a_1 + a_2 + a_3$ $x = a_1 \vee a_2 \vee a_3$	

1	2	3
НЕ (отрицание)	При наличие сигнала на входе сигнал на выходе отсутствует и наоборот. $x = \bar{a}$	
“Запрет”	При отсутствии сигнала на входе “запрет b” сигнал на выходе появляется одновременно с сигналом на входе a, при наличии сигнала на входе “запрет b” сигнал на выходе отсутствует. $x = a\bar{b}$	
“Задержка”	Сигнал на выходе появляется через заданное время после подачи сигнала на вход и исчезает одновременно с входным сигналом.	
И-НЕ (элемент Шеффера)	Сигнал на выходе отсутствует при наличии на всех входах. $x = \overline{a_1 a_2} = \overline{a_1} \vee \overline{a_2}$	
Импликация	Сигнал на выходе отсутствует, когда есть сигнал на входе a и отсутствует на входе b. $x = a \vee b$	
Равнозначность	Сигнал на выходе имеется тогда, когда на всех входах одновременно имеются или отсутствуют входные сигналы. $x = ab \vee \overline{ab}$	
Неравнозначность	Сигнал выходе имеется тогда, когда состояния входов a и b разные. $x = a\bar{b} + \bar{a}b$	

1	2	3
Память	<p>После подачи сигнала на вход а (включения) записанная информация сохраняется вплоть до подачи сигнала на вход b (отключения) независимо от последующего состояния входа а</p> <p>(<math>x_1</math> – вспомогательный контакт реле x).</p> $x = (a + x_1)\bar{b}$	

Переход от схемы управления на контактных элементах к схеме на бесконтактных логических элементах.

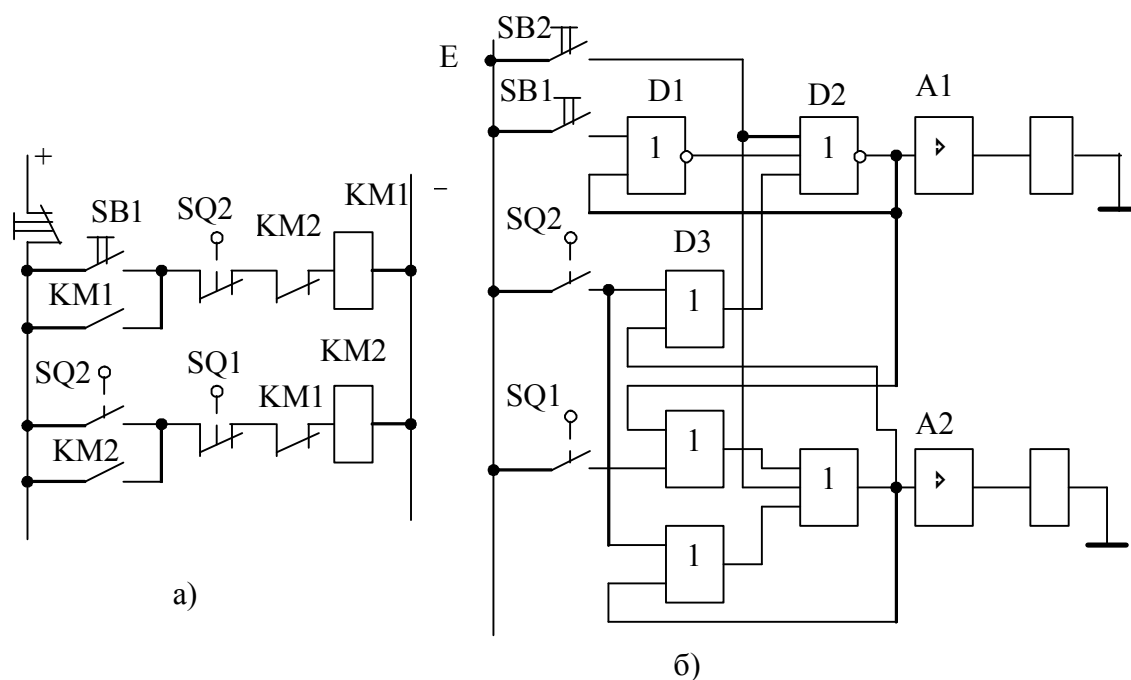


Рисунок 2.12 – Релейно-контакторная (а) и комбинационно-логическая (б) схема автоматической блокировки двух контактов

Описание принципа действия релейно-контакторной схемы (рис 2.12а).

При нажатии кнопки SB1 контактор KM1 включается при условии, что контактор KM2 отключен. При нажатии кнопки SQ2 происходит отключение контактора KM1. Включение контактора KM2 происходит аналогичным путем

(при включении SB2). Отключение обоих контакторов производится кнопкой SB2. Аналогичную функцию выполняет схема б выполненная на бесконтактных элементах.

Описание принципа действия комбинационно-логической схемы (рис. 2.126).

При отключении кнопки SB1 на вход ИЛИ–НЕ  $D_1$  подается логический “0”. На выходе ИЛИ–НЕ  $D_2$  имеем логический “0”, который подается на ОУ  $A_1$  и контактор КМ1 не включается. При включении SB1 на выход  $D_1$  имеем “0”, на выходе  $D_2$  – “1”. Контактор КМ1 включается. После отключения SB1 логическая “1” с выхода  $D_2$  подается на вход  $D_1$  и контактор КМ1 остается включенным. Если включается контактор SQ2, то на выходе элемента  $D_3$  появляется логическая “1”, которая подается на вход  $D_2$ . При этом на выходе блока  $D_2$  появляется логический “0” и контактор КМ1 отключается.

## 2.5 Проектирование средств ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов

Организация ввода-вывода дискретных сигналов.

УЭВМ должны обеспечивать связь с управляемым технологическим оборудованием. Для этого применяются различные устройства связи с объектом, образующие интерфейсные модули. Структура устройств связи определяется видом электрических сигналов управления. Если в системе используются импульсные датчики (информация представляется в числоимпульсной форме), то применяются схемы преобразования числа импульсов в цифровой код. Данное преобразование может быть выполнено непосредственно внутренними регистрами микропроцессора (МП) по заданной программе, или при помощи дополнительных реверсивных счетчиков. Кроме того, могут использоваться преобразователи из двоичного в код Грея и т.п.

В некоторых случаях при выводе импульсных сигналов требуется использовать различные модуляторы-преобразователи количества импульсов в

напряжение или длительность (временные инверторы) и т.п. В частности при построении преобразователей «код – число импульсов» и «код – длительность импульсов» может быть с успехом применен таймер.

При формировании входных сигналов механическим контактом (кнопочными переключателями, скользящими контактами и др.), возникает явление «дребезга» контактов (вместо одного сигнала появляется серия импульсов за счет микроразрядов). Длительность «дребезга» составляет 8-12 мс, что ведет к искажению информации.

Для устранения дребезга применяют следующие схемы:

а) применение RS-триггера

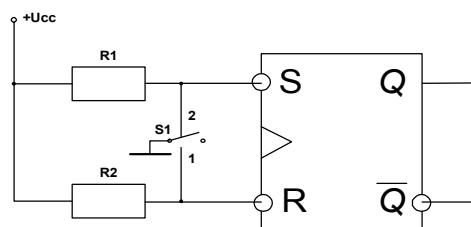


Рисунок 2.13 – Схема устранения дребезга с RS-триггером

$R1=R2=1...2 \text{ КОм}$  – для ТТЛ-схем

$R1=R2=10...100 \text{ КОм}$  – для МОП-схем.

Если  $S1$  в положении 1, то на выходе формируется «0». При «дребезге»  $\bar{S} = \bar{R} = 1$  и выход не меняет состояния. Если  $S1$  в положении 2, на выходе «1».

б) применение D-триггера

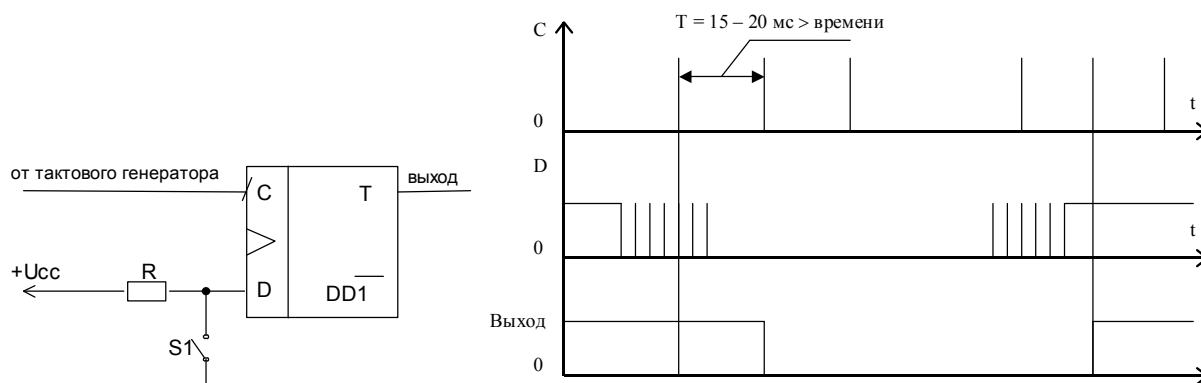
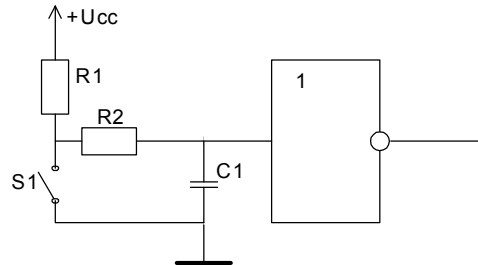


Рисунок 2.14 – Схема устранения дребезга с D-триггером



Может случиться (вероятность очень мала), что во время  $t$  появится ложное срабатывание (это недостаток). Схема может стробироваться внутренним сигналом МПС.

В) применение время задающей RC-цепочки



$R2 \cdot C1 \approx 20$  мс. Работает за счет того, что элемент DD1 имеет порог срабатывания

Особое место при вводе-выводе дискретных сигналов занимает гальваническая развязка.

Гальваническая развязка применяется практически во всех случаях для согласования МПС с внешними устройствами. В МПС для гальванической развязки применяются оптронные схемы, где в качестве излучателей используется светодиод, а в качестве приемников фототранзисторы (реже фотодиоды). Оптоны являются практически идеальным устройством гальванической развязки и обладают почти бесконечным сопротивлением между входной и выходной цепями. (Для аналоговых сигналов применять оптроны не рекомендуется).

Схема преобразования входного сигнала.

Вместо ТТЛ-схемы может быть буфер для связи с шиной данных микропроцессора.

$$R2 \approx \frac{U_{ab} - U_{\delta}}{I_{ex}} = \frac{U_{ab} - 1,5}{10^{-2}} [Ом]$$

$U_{\delta}$  – прямое напряжение светодиода;  $I_{ex}$  – рабочий ток светодиода.

Не рекомендуется включать транзистор оптрона по схеме с общим эмиттером.

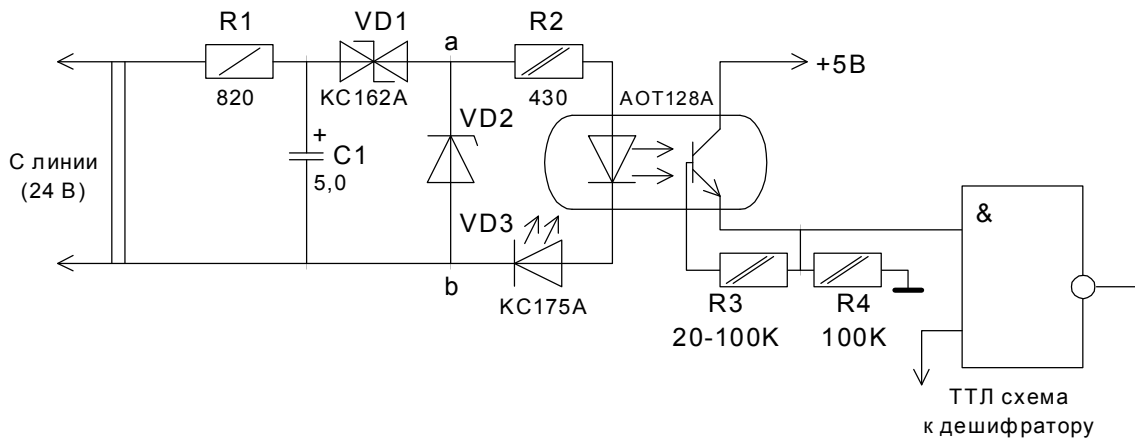


Рисунок 2.16 – Схема преобразования входного сигнала: R1 – ограничивает ток и вместе с C1 устраняет «дребезг». (C1-можно увеличить). VD1 – повышает порог срабатывания, что необходимо при использовании бесконтактных датчиков с высоким остаточным напряжением (может отсутствовать). VD2 – стабилизатор для питания светодиода оптрона. R2 – ограничение тока светодиода оптрона (обычно 20 мА). VD3 – индикация (может отсутствовать).

#### Схема преобразования выходного сигнала.

Для вывода дискретных сигналов необходимо предусмотреть *регистр выводимых данных (адаптер)*.

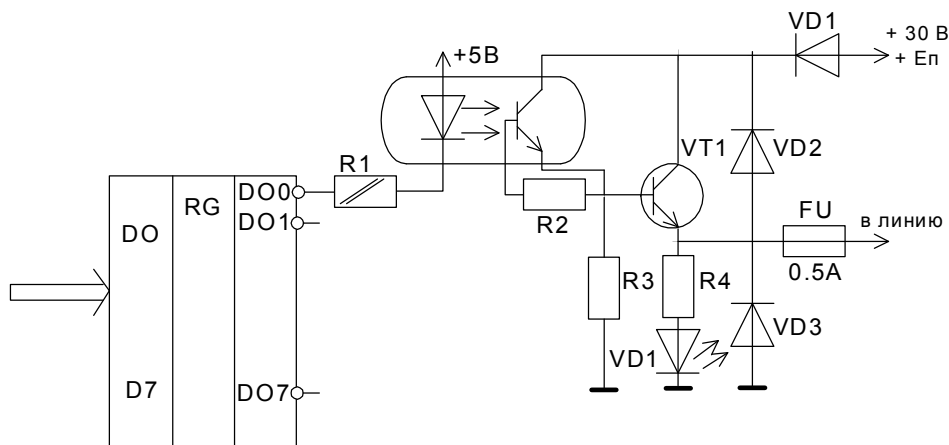


Рисунок 2.17 – Схема преобразования выходного сигнала: VT1 – по схеме с открытым коллектором. Усилитель тока до 0,5А напряжением до 30В. VD4 – защита от неправильного включения полярности. VD2, VD3 – защита от индуктивной нагрузки. VD1 – индикация (может отсутствовать). R3 – для надежного запираения VT1 (20...100K). R4 – ограничивает ток базы VT1 ( $R_{oc}$ ) и задание тока VD1.

$$R4 \approx \frac{E_n - U_{кэVT1} - U_{VD1}}{I_{VD1}} = 3.3...4.3 [КОМ]$$

Интерес представляет также рациональное и надежное согласование цифровых интегральных устройств с разнородной элементной базой (ТТЛ, ЭСЛ, И<sup>2</sup>Л, КМОП и т. п).

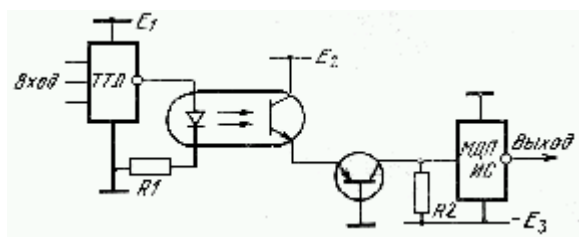


Рисунок 2.18- Схема сопряжения ТТЛ и МДП элементов по оптическому каналу

Схема согласования элемента транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) с интегральным устройством на МДП-транзисторах построена на транзисторном оптроне (рис. 2.18). В конкретном варианте:  $E_1 = E_2 = 5 \text{ В}$ ,  $E_3 = 15 \text{ В}$ ,  $R_1 = 820 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 24 \text{ кОм}$  - светодиод оптрона возбуждается током (5 мА),

достаточным для насыщения транзистора и уверенного управления устройством на МДП-транзисторах.

Активно используются оптические связи в телефонных устройствах и системах. С помощью оптронов технически несложными средствами удастся подключать к телефонным линиям микроэлектронные устройства, предназначенные для вызова, индикации, контроля и других целей.

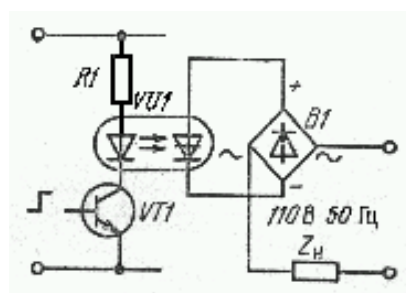


Рисунок 2.19- Схема коммутации нагрузки переменного тока

Введение оптических связей в электронную измерительную аппаратуру, кроме полезной во многих отношениях гальванической развязки исследуемого объекта и измерительного прибора, позволяет также резко уменьшить влияние помех, действующих по цепям заземления и питания.

Бесконтактное управление мощными, высоковольтными цепями по оптическим каналам весьма удобно и безопасно в сложных технических режимах, характерных для многих устройств и комплексов промышленной электроники. В этой области сильны позиции тиристорных оптронов (рис 2.19).

## Организация ввода аналоговых сигналов. АЦП.

Для ввода аналоговых сигналов в МПС необходимо аналого-цифровое преобразование. Существует три конфигурации подсистем ввода аналоговых сигналов.

1) одноканальная – в каждой цепи аналогового сигнала применяется отдельный АЦП. Обеспечивает максимальное быстродействие и высокую точность. Обладает повышенной помехоустойчивостью, так как преобразователи располагаются в непосредственной близости от источника сигнала, а канал связи с МПС является цифровым. Недостаток – требует большого числа дорогостоящих АЦП (сколько каналов, столько и АЦП).

2) многоканальная – один АЦП для всех источников аналогового сигнала. Снятие информации осуществляется непосредственно с каждого источника при помощи временного мультиплексирования. Наличие коммутатора с усилителями и множестве выходных сигналов приводит к появлению дополнительных погрешностей. Максимальное количество обслуживаемых источников зависит от величины допустимого периода квантования сигналов и от быстродействия АЦП.

3) комбинированная – применяется для большого числа каналов.

Для всех перечисленных подсистем требуется АЦП.

Простейшие АЦП, которые имеют достаточно высокие показатели, могут быть построены на широтно-импульсных модуляторах (ШИМ), длительность импульса на выходе которых пропорциональна величине входного аналогового сигнала.

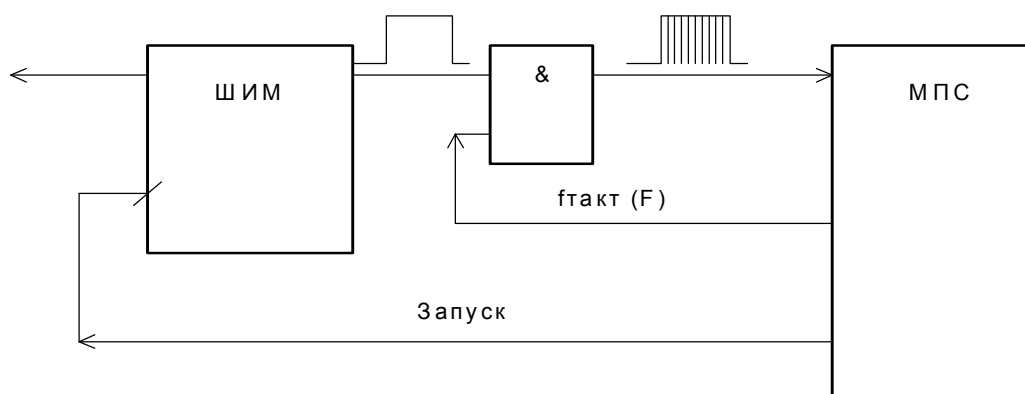


Рисунок 2.20 – Структурная схема одноканального АЦП

МП подсчитывает число импульсов  $F$ , которое будет пропорционально  $U_{вх}$ . Так как схема ШИМ довольно проста, то есть смысл ее применять для одноканальных подсистем. В этом случае запуск каждого ШИМ будет осуществляться от дешифратора адреса.

В настоящее время имеются различные БИС АЦП – К572ПВ1 – 12-разрядное АЦП с временем преобразования не более 170 мкс; К1113ПВ1 – 10-разрядное, время преобразования 30 мкс; К1107ПВ1 – 6-разрядное, время преобразования 0,1 мкс и т.п.

Некоторые БИС АЦП не являются функционально законченным прибором и требуют подключения дополнительных внешних элементов.

Некоторые БИС АЦП (К572ПВ4) имеют встроенное ОЗУ, аналоговые коммутаторы и т.п. Для нормальной работы АЦП всегда требуется источник опорного напряжения.

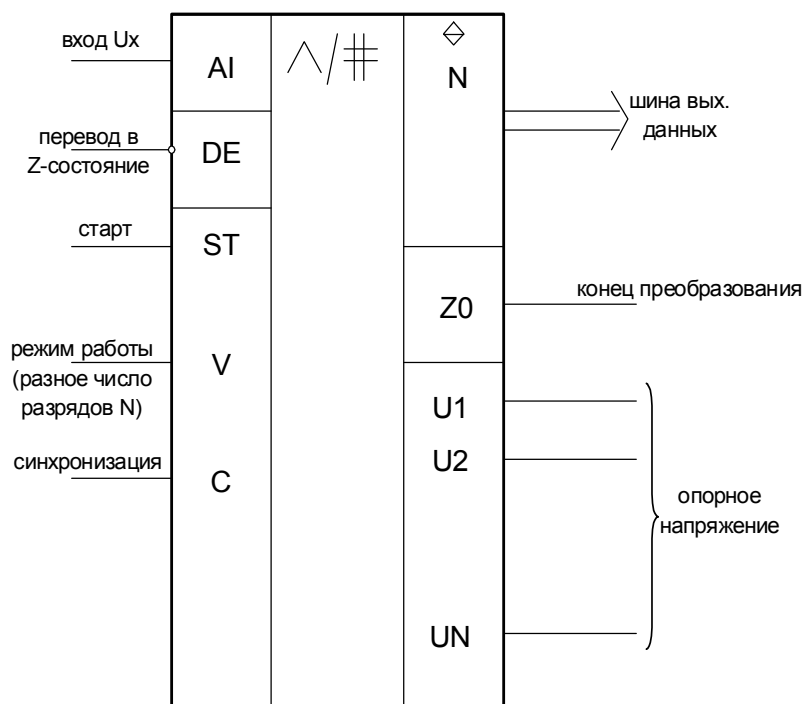
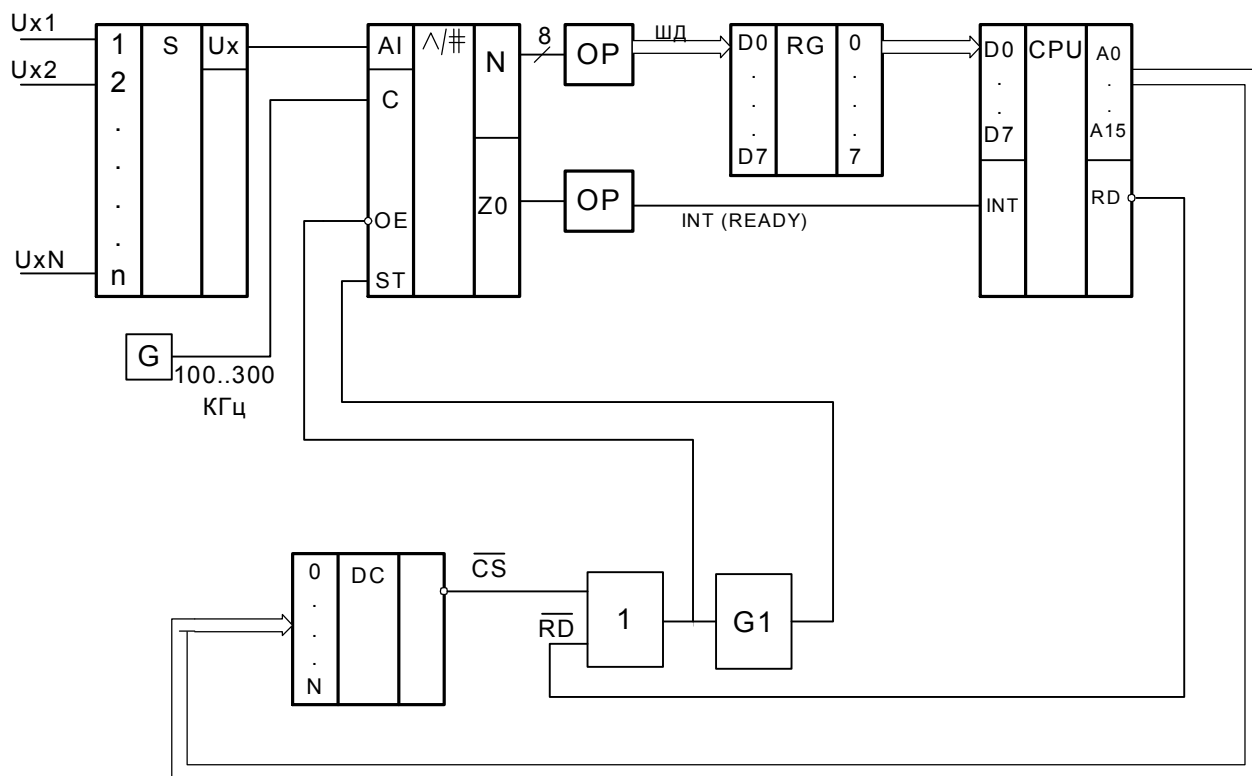


Рисунок 2.21 - Функциональное обозначение БИС АЦП



S – коммутатор; G – генератор (может использовать F с делением); OP – оптическая (гальваническая) развязка; RG – регистр; G1 – запуск АЦП (одновибратор)

Рисунок 2.22 – Функциональная схема ввода аналоговых сигналов в МПС

Организация вывода аналоговых сигналов.

Для вывода аналоговых сигналов применяются цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). Подсистемы вывода делятся на три типа аналогичных подсистем ввода – одноканальные, многоканальные и комбинированные. ЦАП выпускается в виде БИС, например: К572 ПА1 – 10-разрядный, время установления 5 мкс; К1108ПА1 – 17-разрядный, время установления 0,4 мкс и т.д.

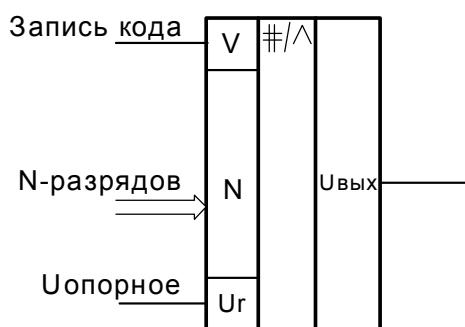


Рисунок 2.23 – Функциональное обозначение БИС ЦАП

$$U_{\text{вых}} = \frac{-U_R N}{N_{\text{max}}} - \text{для К572ПА1.}$$

Вариант схемы вывода аналоговых сигналов.

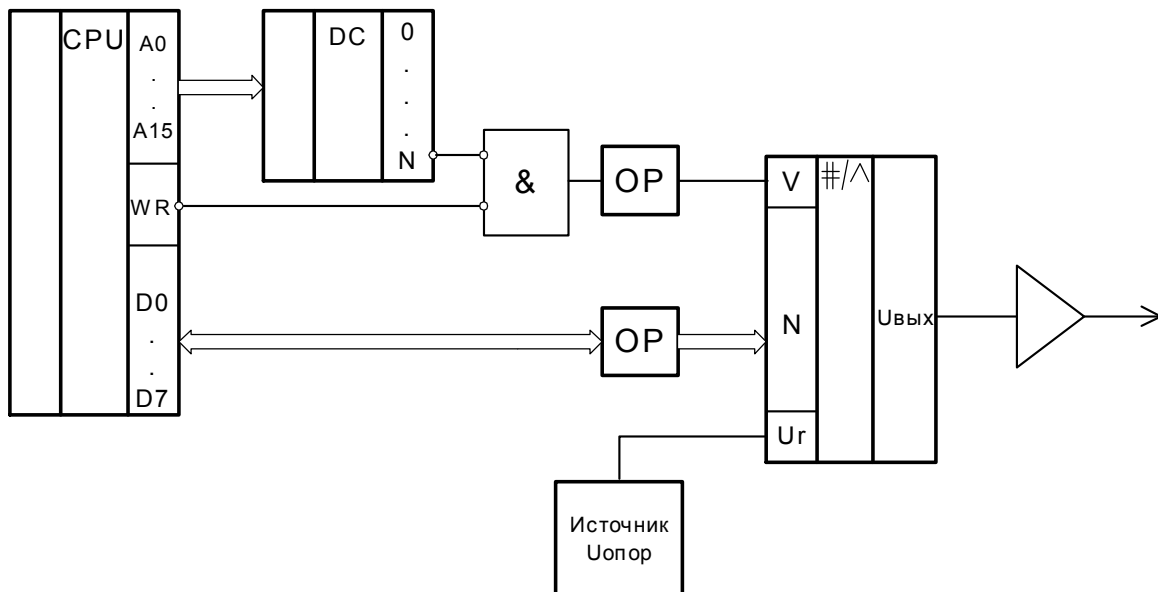


Рисунок 2.24 – Функциональная схема вывода аналоговых сигналов из МПС

### 3 ЗАДАНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### Задание 1

Построить естественную электромеханическую (механическую) характеристику двигателя. Также построить искусственные электромеханические (механические) характеристики, полученные:

- снижением величины питающего напряжения до 30; 50 и 65% от  $U_n$ ;
- вводом дополнительного сопротивления в цепь якоря для двигателя постоянного тока величины сопротивлений ( $R= 0,6; 0,8, 1,0 \text{ Ом}$ ), в цепь ротора для асинхронного двигателя, величины сопротивлений ( $R= 0,1; 0,3, 0,5 \text{ Ом}$ );
- для двигателя постоянного тока снижением величины потока до  $0,5K\Phi_n$ .

Исходные данные приведены в таблицах 3.1 и 3.2

#### Задание 2

Разработать релейно-контакторную схему пуска и торможения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением или асинхронного двигателя с фазным ротором, в соответствии с заданием 1. Пуск двигателя реостатный в 3 ступени. Состав элементов и функциональных узлов схемы управления электроприводом приведен в таблице 3.3. Описать принцип действия разработанной схемы управления электродвигателем.

#### Задание 3

Преобразовать разработанную в задании 2 релейно-контакторную схему пуска и торможения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением или асинхронного двигателя с фазным ротором, в схему управления на бесконтактных логических элементах. Состав элементов и функциональных узлов схемы управления электроприводом приведен в таблице 3.4. Описать принцип действия разработанной схемы управления электродвигателем.



Таблица 3.1 - Исходные данные к заданию 1

№ <sub>вар</sub>	Двигатель постоянного тока	$P_{нв}$ , <i>КВт</i>	$n_{нв}$ , об/мин	$R_{дв}$ , <i>Ом</i>	$n_{max}$ , об/мин	$U_{нв}$ , <i>В</i>	$I_{нв}$ , <i>А</i>
1	2ПБ90L	30	1500	1,2	3500	220	30
3	2ПБ90М	0,13	750	0,65	1500	220	17
5	2ПФ132М	3,0	2200	0,9	4000	220	25
7	2ПБ90L	2,0	750	0,83	2500	220	17
9	2ПН-180М	26	2240	0,038	3500	220	130
11	2ПН-180L	10	1000	0,168	3000	220	52,5
13	2ПН-100L	1,1	1500	2,2	4300	220	6,81
15	2ПБ180L	5,6	3000	0,181	3500	440	30,2
17	2ПН-132М	4,0	1500	2,28	3750	440	10,9
19	2ПН-200М	13,0	1120	0,106	3000	220	67,0
21	2ПН-200L	11,0	750	0,565	1850	440	28,3
23	2ПН-112М	2,5	2200	0,788	4000	220	13,8
25	2ПН-112L	3,4	2240	0,413	4000	220	18,3
27	2ПН-132L	3,0	1000	3,38	2500	440	8,3
29	2ПН-132S	3,2	1000	0,88	3000	220	16,9

Таблица 3.2 - Исходные данные к заданию 1

№ <sub>вар</sub>	Асинхронный двигатель	$P_{нв}$ , <i>КВт</i>	$n_1$ , об/мин	$n_2$ , об/мин	$\lambda$	$R_2$ , <i>Ом</i>	$U_{нв}$ , <i>В</i>
2	4АА63Ф6У3	0,18	1000	885	2,2	0,2	220
4	4А250S10У3	30,0	600	590	1,9	1,1	380
6	4А256S10У3	37,0	600	590	1,9	1,3	
8	4А112МВ6У3	4,0	1000	950	2,5	0,3	
10	АК-51-4	2,8	1500	1370	2,2	1,54	
12	АК-52-4	4,5	1500	1400	2,2	0,71	
14	АК-81-8	40,0	750	720	1,9	0,084	
16	АК-82-4	55,0	1500	1440	2,6	0,043	
18	АК-51-6	1,7	1000	905	2,0	2,5	
20	АК-52-6	2,8	1000	920	2,0	1,29	
22	АК-62-6	10,0	1000	940	2,0	0,468	
24	АК-71-6	14	1000	950	2,0	0,255	
26	АК-61-8	4,5	750	700	1,9	1,095	
28	АК-81-8	20,0	750	710	1,9	0,192	
30	АК-91-8	40,0	750	720	1,9	0,084	

Таблица 3.3 – Состав элементов управления и функциональных узлов схемы управления электроприводом (задание 2)

Элемент управления, функциональный узел	Наличие в схеме (вариант)
<i>Силовая схема электропривода</i>	
Реверсивный контактный мост (KM1, KM2)	Для всех
Электрогидравлический тормоз (YZ)	Нечетные
Электромагнитный тормоз (YZ)	Четные
Рубильник (QF)	Для всех
Предохранитель с плавкой вставкой (FU1...FU <sub>n</sub> )	Для всех
Элементы максимальной токовой защиты (КА, ТА)	1,3,5,6,8,9,11,12,15,16,19,20,21,24,25,26,27,28,29
Элементы токовой отсечки (КА, ТА)	2,4,5,7,8,10,13,14,15,17,18,19,22,23,26,27,29,30
Элементы защиты от обрыва поля (КА, ТА)	1,5,9,13,17,21,25,29
Элементы защиты от перенапряжения в цепи обмотки возбуждения (VD, R)	3,7,11,15,19,23,27
Электромагнитное реле тока и напряжения (КА, KV)	Для всех
<i>Схема автоматического управления электроприводом</i>	
Рубильник (S)	Для всех
Командоконтроллер (SM)	1,6,9,12,13,19,21,25,29,30
Контактные кнопки управления (SB1..SB <sub>n</sub> )	Для всех
Контактные концевые выключатели (SQ)	Нечетные
Бесконтактные концевые выключатели (SQ)	Четные
Электромагнитное реле тока, напряжения, времени (КА, KV, КТ)	Для всех
Пуск в функции времени	1,5,9,13,17,21,25,29
Пуск в функции скорости	2,6,10,14,18,22,26
Пуск в функции ЭДС	3,7,11,15,19,23,27,30
Пуск в функции тока	4,8,12,16,20,24,28
Торможение в функции времени	3,4,9,10,15,16,21,22,27,28
Торможение в функции ЭДС	2,5,8,11,14,17,20,23,26,29
Торможение в функции тока	1,6,7,12,13,18,19,24,25,30
Максимальная токовая защита	1,4,9,12,15,16,19,22,27,29
Нулевая защита	2,5,8,11,14,17,21,23,26,28
Токовая отсечка	3,6,7,10,13,18,20,24,25,30
Защита от обрыва поля	Нечетные
Защита от неполнофазного режима	12,20,22,24,26,30

Таблица 3.4 – Состав элементов управления и функциональных узлов схемы управления электроприводом (задание 3)

Элемент управления, функциональный узел	Наличие в схеме (вариант)
<i>Силовая схема электропривода</i>	
Реверсивный симисторный пускатель (VS1...VS <sub>n</sub> )	Четные
Реверсивный транзисторный мостовой коммутатор (VT1...VT <sub>n</sub> )	Нечетные
Электрогидравлический тормоз (YZ)	Четные
Электромагнитный тормоз (YZ)	Нечетные
Рубильник (QF)	Для всех
Предохранитель с плавкой вставкой (FU1...FU <sub>n</sub> )	Для всех
Элементы максимальной токовой защиты (ТА, R)	1,3,5,6,8,9,11,12,15,16,19,20,21,24,25,26,27,28,29
Элементы токовой отсечки (ТА, R)	2,4,5,7,8,10,13,14,15,17,18,19,22,23,26,27,29,30
Элементы защиты от обрыва поля (ТА, R)	1,5,9,13,17,21,25,29
Элементы защиты от перенапряжения в цепи обмотки возбуждения (VD, R)	3,7,11,15,19,23,27
Бесконтактные датчики тока и напряжения (ТА, TV, R)	Для всех
<i>Схема автоматического управления электроприводом</i>	
Рубильник (S)	Для всех
Сельсинный управляющий автомат (SM)	1,6,7,12,13,16,21,24,25,28
Контактные кнопки управления (SB1..SB <sub>n</sub> )	2,5,8,11,14,17,20,23,26,29
Бесконтактные кнопки управления (SB1..SB <sub>n</sub> )	3,4,9,10,15,18,19,22,27,30
Контактные концевые выключатели (SQ)	Нечетные
Бесконтактные концевые выключатели (SQ)	Четные
Компараторы тока, напряжения, элементы временных задержек (DA <sub>i</sub> )	Для всех
Интегральные элементы серий К555, КР140УД, ПЛИС, МПК	Для всех
Пуск в функции времени	1,5,9,13,17,21,25,29
Пуск в функции скорости	2,6,10,14,18,22,26
Пуск в функции ЭДС	3,7,11,15,19,23,27,30
Пуск в функции тока	4,8,12,16,20,24,28
Торможение в функции времени	3,4,9,10,15,16,21,22,27,28
Торможение в функции ЭДС	2,5,8,11,14,17,20,23,26,29
Торможение в функции тока	1,6,7,12,13,18,19,24,25,30
Максимальная токовая защита	1,4,9,12,15,16,19,22,27,29
Нулевая защита	2,5,8,11,14,17,21,23,26,28
Токовая отсечка	3,6,7,10,13,18,20,24,25,30
Защита от обрыва поля	Нечетные
Защита от неполнофазного режима	12,20,22,24,26,30

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чунихин А.А. Электрические аппараты. – М.: Энергия, 1975. – 647 с.
2. Справочник по средствам автоматики / Под ред. В.Э. Низэ и И.В. Антика. – М.: Энергоиздат, 1983. – 504 с.
3. Жукова Г.А., Золина М.А. Лабораторные работы по электрическим аппаратам. – М.: Высш. шк., 1986. – 1986. – 193 с.
4. Волков Н.И., Миловзоров В.П. Электромашинные устройства автоматики. – М.: Высш. шк. 1978. – 333 с.
5. Михайлов О.П., Соколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. М., Машиностроение, 1985.
6. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. – М.: Энергоиздат, 1981. – 560 с.
7. Кравчик Э.А. и др. Выбор и применение асинхронных двигателей. – М.: Энергоиздат, 1987. – 93с.
8. Брусникин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины, ч.1,2. – М.: Энергоиздат, 1987.
9. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Энергоиздат, 1991.- 452 с.