

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,  
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к самостоятельному изучению  
дисциплины**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ  
УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ**

*(для студентов 4 курса всех форм обучения по направлению подготовки  
6.050702 «Электромеханика» специальности  
«Электромеханические системы автоматизации и электропривод»)*

**ХАРЬКОВ – ХНАГХ – 2012**

Методические указания к самостоятельному изучению дисциплины «Проектирование электромеханических устройств и систем» (для студентов 4 курса всех форм обучения по направлению подготовки 6.050702 «Электромеханика» специальности «Электромеханические системы автоматизации и электропривод») / Харк. нац. акад. город. хозяйства; состав.: В. Н. Фатеев. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 32 с.

Составитель доц. В. Н. Фатеев

Утверждено на заседании кафедры Электрического транспорта,  
протокол № 5 от 23.11.2010г.

## **Общие положения**

В промышленно-развитых странах, к числу которых относится и Украина, электропривод является основным потребителем электроэнергии. Более 65% вырабатываемой в нашей стране электроэнергии преобразовывается электроприводом в механическую энергию. Миллионы электрических двигателей обеспечивают высокий уровень энерговооруженности труда, рост его производительности.

Электропривод определяет требования к качеству электроэнергии, которые регламентируются соответствующими стандартами. Во многих случаях он сам оказывает значительное влияние на работу систем электроснабжения и качественные показатели электроэнергии.

Знание свойств и возможностей электропривода позволяет инженеру-электрику обеспечить его рациональное использование с учетом требований технологических машин и требований систем электроснабжения.

В соответствии с учебным планом специальности «Электромеханические системы автоматизации и электропривод» дисциплина «Проектирование электромеханических устройств и систем» изучается на четвертом году обучения. На нее выделены четыре кредита, которые заполнены тремя содержательными модулями. Каждый из модулей, в свою очередь, состоит из нескольких учебных элементов.

В список литературы, рекомендуемой для самостоятельного изучения курса «Автоматизированный электропривод» входят:

1. Теория электропривода. Підручник/М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилюк та ін.; За ред. М.Г. Поповича.-К.: Вища школа, 1993. - 494с.: іл.
2. Москаленко В.В, Автоматизированный электропривод: Учебник для вузов.-М.: Энергоатомиздат; 1986. - 416 с: ил.
3. Чиликин М.Г., Сандлер А.С, Общий курс электропривода. - М.: Энергия, 1981.
4. Зимин Е.Н., Яковлев В.И. Автоматическое управление электроприводами: Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Высшая школа, 1979.-318с., ил.

Работу по самостоятельному изучению курса «Проектирование электромеханических систем и электропривод» целесообразно строить следующим образом. В начале необходимо по рекомендуемой литературе изучить учебные элементы содержательного модуля, а затем ответить на контрольные вопросы для данного модуля. Каждый вопрос состоит из текста, сопровождающегося, если необходимо, схемой и графиками, и нескольких утверждений – ответов, одно или несколько из которых правильно. Если на какой-либо вопрос ответить затруднительно, нужно найти соответствующий материал в учебнике и еще раз проработать его.

## **Содержание курса.**

### **Методические указания и контрольные вопросы к модулям**

#### **Содержательный модуль 1.**

##### **Выбор функциональной схемы электромеханической системы**

**Учебный элемент 1.1. Выбор схемы по роду тока.**

**Учебный элемент 1.2. Выбор схемы по закону управления.**

**Учебный элемент 1.3. Выбор схемы по числу обратных связей.**

**Методические указания.** Эффективность средств производства, которыми располагает человеческое общество, определяется способом получения, распределения и использования электроэнергии. Именно электроэнергия оказывается наиболее удобной для производства, передачи к потребителям и преобразования в другие виды энергии. В сфере промышленного производства потребляется большое количество механической и тепловой энергии. Электроэнергия преобразуется в механическую с помощью электрических двигателей, которые составляют основу электропривода.

Наряду с функцией преобразования электроэнергии электропривод выполняет вторую важнейшую функцию – управление процессом преобразования и дозирование энергии, т.е. регулирует преобразование электроэнергии. В определении понятия электропривода учитываются эти две основные функции.

Автоматизированный электропривод (АЭП) – электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств, предназначенных для приведения в движение рабочих органов, технологических машин и управления этим движением.

Названные элементы образуют функциональную схему АЭП. На функциональной схеме обозначается прохождение сигналов в прямом канале

управления и в каналах обратных связей, контролирующих состояние технологического процесса. В зависимости от числа каналов информации, которую управляющее устройство использует при формировании сигнала преобразовательным устройством, различают три принципа построения систем АЭП – разомкнутый, замкнутый и комбинированный.

Классифицируются системы АЭП по многим признакам. Наиболее часто применяющаяся классификация по функциональному назначению выделяет пять групп систем АЭП.

Литература: [1, с.5-13], [4, с.11-15],[2, с.11-13].

### **Вопросы для контроля знаний**

1.1. Рабочий орган первой технологической машины назывался

- 1) гусеница трактора;
- 2) колесо автомобиля;
- 3) винт корабля;
- 4) колесо тачки;
- 5) кабина лифта.

1.2. В истории человечества привод появился как

- 1) дар богов народу Египта;
- 2) озарение гения;
- 3) результат развития производительных сил;
- 4) археологическая находка;
- 5) послание инопланетян.

1.3. Привод снабжает технологическую машину

- 1) электрической энергией;
- 2) тепловой энергией;
- 3) механической энергией;
- 4) солнечной энергией;
- 5) химической энергией.

1.4. Функциональная схема электропривода состоит из

- 1) двух элементов;
- 2) трех элементов;
- 3) четырех элементов;
- 4) пяти элементов;
- 5) шести элементов.

1.5. Основным элементов функциональной схемы АЭП является

- 1) командный орган;
- 2) управляемый преобразователь;
- 3) автоматическое управляющее устройство;
- 4) электрический двигатель;
- 5) датчик регулируемой величины.

1.6. Источником механической энергии в приводе являлись

- 1) мускульная сила человека и животных;
- 2) энергия ветра;
- 3) энергия подающей воды;
- 4) энергия водяного пара;
- 5) все названное одновременно.

1.7. Какое из правил электротехники наиболее точно отражает принцип действия электрического двигателя постоянного тока

- 1) правило буравчика;
- 2) правило левой руки;
- 3) правило правой руки;
- 4) правило Ленца;
- 5) правило Лопиталья.

1.8. Первая попытка использовать электропривод была произведена

- 1) в Англии;
- 2) в России;
- 3) в Германии;
- 4) во Франции;
- 5) в Италии.

1.9. Широкое применение электропривода в начале XX века связано

- 1) с увеличением единичной мощности генераторов;
- 2) с увеличением единичной мощности двигателей;
- 3) с изобретением трехфазной системы переменного тока и АД;
- 4) с увеличением производства проводниковой продукции;
- 5) с потребностью развития промышленности.

1.10. Подавляющее распространение электропривода в сравнении с другими приводами определяется тем, что

- 1) электрический двигатель изготавливается на разнообразные мощности;
- 2) электрический двигатель изготавливается на разнообразные скорости;
- 3) электропривод легко и эффективно регулирует технологический процесс;

- 4) электропривод имеет высокий к.п.д. и не загрязняет окружающую среду;
- 5) все названное одновременно.

#### 1.11. Механическое придаточное устройство в электроприводе

- 1) преобразовывает механическую энергию в электрическую;
- 2) передает механическую энергию от двигателя к технологической машине;
- 3) согласовывает вращательное движение вала двигателя с линейным перемещением рабочего органа технологической машины;
- 4) повышает скорость вращения рабочего органа по сравнению со скоростью вращения двигателя;
- 5) понижает скорость вращения рабочего органа по сравнению со скоростью вращения двигателя.

#### 1.12. Принципы построения систем управления АЭП отличаются

- 1) национальными особенностями государства;
- 2) традициями ведущих электротехнических компаний;
- 3) количеством используемых каналов информации;
- 4) использованием аналоговых или дискретных сигналов;
- 5) количеством контролируемых возмущающих воздействий.

#### 1.13. Применение разомкнутых систем АЭП возможно когда

- 1) ошибка управления не приводит к существенным потерям в технологии;
- 2) электропривод технологической машины управляется оператором;
- 3) отсутствует требование к регулированию скорости двигателя;
- 4) используется релейно-контакторная схема управления;
- 5) этого требует техника безопасности на производстве.

#### 1.14. Принцип замкнутого управления для построения системы АЭП

выбирают на основании

- 1) требований заказчика;
- 2) стремления уменьшить технологические потери;
- 3) требований к величине ошибки управления;
- 4) требования регулировать скорость двигателя;
- 5) требований к надежности.

#### 1.15. Принцип замкнутого управления используется в

- 1) системах управления пуском, торможением и реверсом двигателя;
- 2) системах стабилизации;
- 3) следящих системах;
- 4) системах программного управления;
- 5) адаптивных системах.



1.16. Главной обратной связью называют

- 1) обратную связь по скорости двигателя;
- 2) обратную связь по напряжению;
- 3) обратную связь по току;
- 4) обратную связь по положению рабочего органа технологической машины;
- 5) обратную связь по регулируемой величине.

1.17. Ошибка управления равна нулю в замкнутой системе АЭП

- 1) при использовании пропорционального регулятора;
- 2) при управлении системой оператором;
- 3) при использовании пропорционально-интегрального регулятора;
- 4) при наличии обратной связи на скорости;
- 5) при использовании пропорционально – интегрально - дифференциального регулятора.

1.18. При появлении в момент времени  $t_1$  возмущающего воздействия  $f(t)$  регулируемая величина  $U$  будет изменяться во времени  $t$  в замкнутой системе с пропорционально – интегрально - дифференциальным регулятором по кривой

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5) не будет изменяться

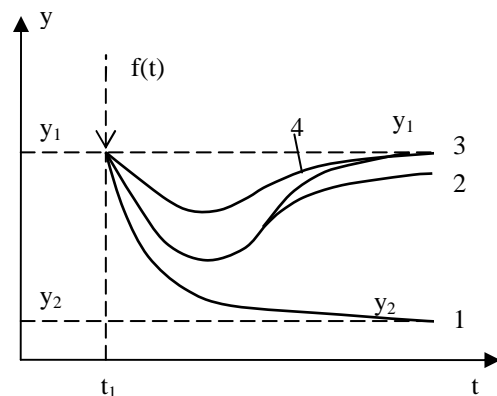


Рис. 1.18.

1.19. Условия и рисунок вопроса 1.18. Регулятор в замкнутой системе пропорционально-интегральный

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5) не будет изменяться.

1.20. Условия и рисунок вопроса 1.18. Регулятор в замкнутой системе пропорциональный

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5) не будет изменяться.

1.21. Наибольшее распространение получила классификация систем АЭП

- 1) по виду управляемого преобразователя;
- 2) по количеству обратных связей;
- 3) по функциональному назначению системы;
- 4) по роду тока;
- 5) по виду механического передаточного устройства.

## **Содержательный модуль 2.**

### **Выбор двигателя электромеханической системы**

#### **Учебный элемент 2.1.**

**Расчет статических и динамических нагрузок двигателя**

#### **Учебный элемент 2.2.**

**Расчет мощности двигателя по величине статической нагрузки**

#### **Учебный элемент 2.3.**

**Проверка двигателя по нагреву**

**Методические указания.** Под регулированием скорости понимают работу двигателя в установившемся режиме ( $d\omega / dt = 0$ ), но с различными скоростями. Так кабина лифта из установившегося режима с рабочей скоростью  $v_p$  ( $\omega_p$ ) для двигателя) для обеспечения точной остановки переходит в установившийся режим с пониженной скоростью  $v_n$  ( $\omega_n$ ).

Можно назвать два возможных способа регулирования скорости рабочего органа ТМ:

- 1) применение МПУ с регулируемым передаточным отношением  $i$  или радиусом приведения  $\rho$ ;
- 2) регулирование скорости двигателя  $\omega$  при неизменных параметрах МПУ.

Первый способ называют механическим. Он требует использование регулируемых передач (вариаторов, коробок скоростей), которые отличаются невысокой надежностью и сложностью автоматизации.

При втором способе, называемым электрическим, функцию регулирования скорости рабочего органа обеспечивает электрический двигатель и его система управления. Это позволяет резко улучшить технико-экономические показатели работы электроприводов и создать благоприятные условия для их автоматизации, в силу чего электрический способ регулирования скорости в настоящее время занял главенствующее положение.

Можно назвать две причины, которые могут привести к изменению скорости установившегося режима работы электрического двигателя:

- 1) изменение величины  $M_C$ , связанное с ходом технологического процесса. В зависимости от направления изменения  $M_C$  двигатель будет снижать скорость и увеличивать вращающий момент  $M$  или наоборот, увеличивая скорость, уменьшать  $M$ ;
- 2) изменение механической характеристики двигателя при неизменной величине  $M_C$ , что достигается изменением каких-либо параметров электрических цепей двигателей или питающего напряжения. В зависимости от того, как будет расположена новая характеристика относительно предыдущей, двигатель перейдет в установившийся режим с большей или меньшей скоростью.

Это и понимают как регулирование скорости двигателя. На основании рассмотренного можно сделать важный вывод – скорость любого двигателя регулируется за счет изменения его механической характеристики.

Регулирование скорости в количественном отношении характеризуют четыре основных показателя

1. Диапазон регулирования скорости  $D$ , который определяется как отношение максимальной  $\omega_{\max}$  и минимальной  $\omega_{\min}$  скоростей установившегося режима работы двигателя  $D = \omega_{\max}/\omega_{\min}$ . Определяется  $D$  обычно при  $M_C = M_H$  как отношение скоростей на крайних механических характеристиках двигателя.

2. Направление регулирования скорости определяется расположением новой характеристики относительно естественной. При работе двигателя на естественной характеристике любая скорость двигателя, зависящая от величины  $M_C$ , называется основной. Если новая характеристика расположена выше естественной, то говорят о регулировании скорости вверх от основной, если ниже – вниз от основной. Расположение новых характеристик как выше, так и ниже естественной обеспечивает двухзонное регулирование скорости.

3. Плавность регулирования скорости определяется как отношение скоростей двигателя при работе на двух соседних характеристиках. Зависит от количества механических характеристик, расположенных между верхней и нижней крайними.

4. Точность регулирования скорости характеризуется величиной статизма  $S_x$ , который показывает на сколько процентов от скорости идеального холостого хода  $\omega_0$  уменьшается скорость двигателя  $\omega$  при увеличении момента сопротивления до  $M_C = M_H$  -  $S_x = (\omega_0 - \omega) / \omega_0 100 (\%)$ .

В разомкнутых системах АЭП управление двигателем осуществляется оператором. Скорость двигателя регулируется, как правило, вниз от основной. Диапазон регулирования  $D = 3 \div 5$ , что позволяет удовлетворить требованиям ТМ к точной остановке. Количество механических характеристик в диапазоне обеспечивает требуемую плавность при разгоне и торможении. Точность регулирования скорости не велика, но может быть повышена управляющими действиями оператора.

Выбор двигателя для системы АЭП - важная и сложная задача, от решения которой зависят технико-экономические показатели работы системы АЭП.

Выбор двигателя производится с учетом следующих показателей:

1. Род тока. Определяется требованиями к диапазону регулирования скорости. При  $D > 10$  рекомендуется использовать двигатель постоянного тока;
2. Номинальная скорость двигателя. В безредукторном электроприводе производится по заданной скорости рабочего органа ТМ. В редукторном – учитывается передаточное число МПУ;
3. Конструктивное исполнение. Должно соответствовать условиям компоновки двигателя с рабочим органом ТМ;
4. Способ защиты от воздействий окружающей среды;
5. Мощность двигателя. Должна соответствовать условиям работы ТМ.

При недостаточной мощности снижается производительность ТМ и повышается нагрев двигателя. При завышенной – снижаются технико-экономические показатели системы АЭП.

Литература: [1, с.332-396; 2 с.41-269]

### **Вопросы для контроля знаний**

2.1. Полное использование двигателя постоянного тока независимого возбуждения при регулировании скорости изменением сопротивления якорной цепи достигается при

- 1)  $P_C = \text{const}$ ;
- 2)  $P_C = \text{const}$ ;
- 3)  $M_C = c\omega^2$ .

2.2. Полное использование двигателей постоянного тока независимого возбуждения, регулируемого по системе Г-Д (изменением  $\Phi_{\Gamma}$ ), достигается при

1)  $P_C = \text{const}$ ;

2)  $P_C = \text{const}$ ;

3)  $M_C = c\omega^2$ .

2.3. Если скорость асинхронного двигателя регулируется вверх от основной изменением частоты сети при  $U = U_H$ , то полное использование двигателя достигается при

1)  $P_C = \text{const}$ ;

2)  $P_C = \text{const}$ ;

3)  $M_C = c\omega^2$ ;

4) мало данных.

2.4. Полное использование асинхронного двигателя, регулируемого изменением частоты сети, достигается при

1)  $P_C = \text{const}$ ;

2)  $P_C = \text{const}$ ;

3)  $M_C = c\omega^2$ ;

4) мало данных.

2.5. Регулирование скорости двигателя параллельного возбуждения осуществляется

1) изменением величины  
сопротивления цепи якоря;

2) изменением величины тока  
двигателя;

3) изменением подведенного к якорю  
напряжения.

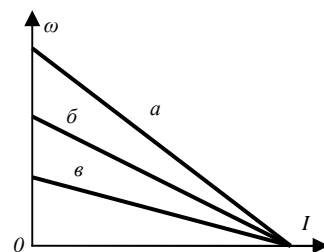


Рис. 2.5

2.6. Какая характеристика двигателя независимого возбуждения соответствует регулированию скорости изменением магнитного потока?

1) *a*;

2) *б*;

3) *в*.

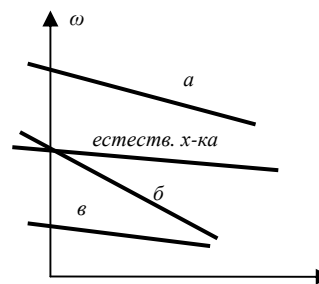


Рис. 2.6.

2.7. (рисунок вопроса 2.5) Какая характеристика двигателя независимого возбуждения соответствует меньшей величине магнитного потока двигателя?

1) *a*;

2) *б*;

3) *в*.

2.8. При изменении магнитного потока все механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения будут

1) параллельны;

2) пересекаться в одной точке;

3) пересекаться в различных точках.

2.9. При изменении магнитного потока все скоростные характеристики  $\omega = f(I_{\text{я}})$  двигателя постоянного тока независимого возбуждения будут

1) параллельны;

2) пересекаться в одной точке;

3) пересекаться в различных точках.

2.10. Какая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения соответствует регулированию скорости изменением напряжения, приложенного к якорю?

- 1)  $a$ ;
- 2)  $b$ ;
- 3)  $b$ .

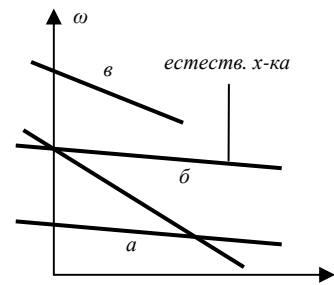


Рис. 2.10.

2.11. При постоянном токе и при изменении питающего напряжения механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения будут

- 1) параллельны;
- 2) пересекаться в одной точке;
- 3) пересекаться в различных точках.

2.12. Для перехода с характеристики  $a$  на характеристику  $b$  необходимо передвинуть

- 1) ползунок  $R_1$   
влево;
- 2) ползунок  $R_1$   
вправо;
- 3) ползунок  $R_2$   
влево;
- 4) ползунок  $R_2$   
вправо.

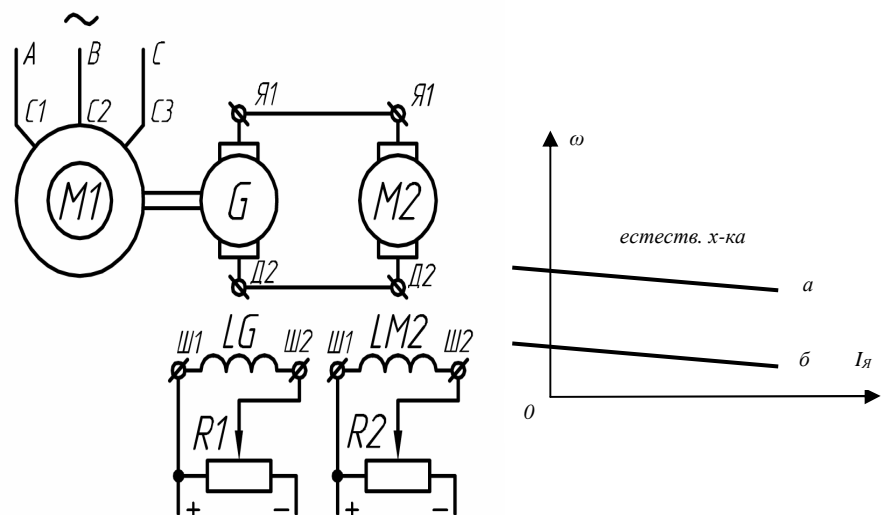


Рис. 2.12.



2.13. Приведенные характеристики получены при

- 1)  $R_{ш} = \text{const}$ ,  $R_{д} = \text{var}$ ;
- 2)  $R_{ш} = \text{var}$ ,  $R_{д} = \text{const}$ ;
- 3)  $R_{ш} = \text{var}$ ,  $R_{д} = \text{var}$ .

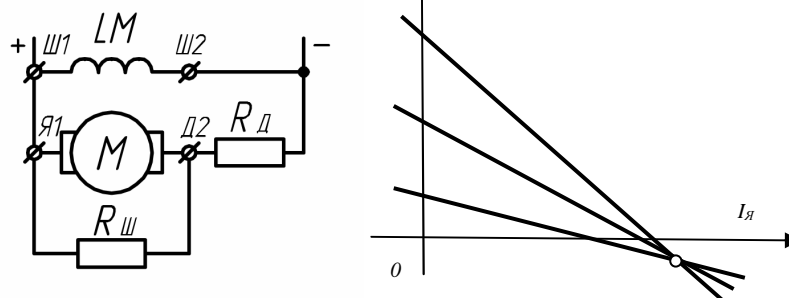


Рис. 2.13

2.14. Приведенные характеристики получены при

- 1)  $R_{ш} = \text{const}$ ,  $R_{д} = \text{var}$ ;
- 2)  $R_{ш} = \text{var}$ ,  $R_{д} = \text{const}$ ;
- 3)  $R_{ш} = \text{var}$ ,  $R_{д} = \text{var}$ .

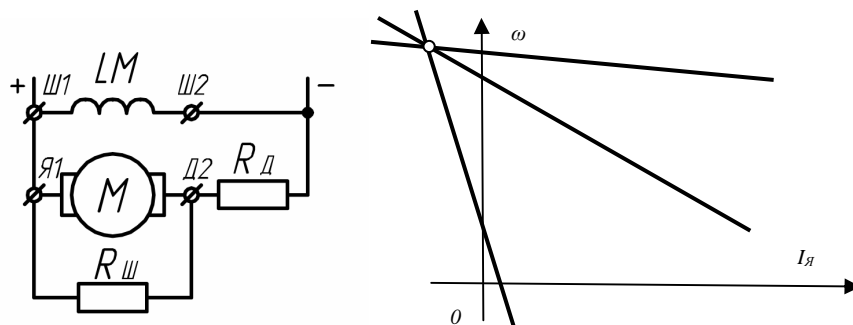


Рис. 2.14

2.15. При размыкании рубильника Р скорость двигателя, работающего вхолостую

- 1) уменьшится;
- 2) увеличится;
- 3) останется неизменной.

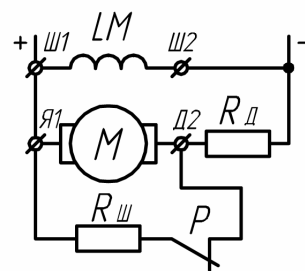


Рис. 2.15.

2.16. При работе двигателя вхолостую замыкание рубильника Р приводит

- 1) к увеличению скорости;
- 2) к уменьшению скорости;
- 3) 3. скорость не изменяется.

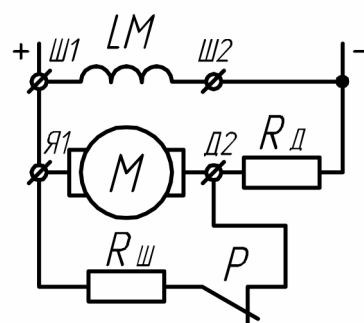


Рис. 2.16

2.17. При  $R_{ш}=0$  машина работает на характеристике

- 1) а;
- 2) б;
- 3) в;
- 4) г.

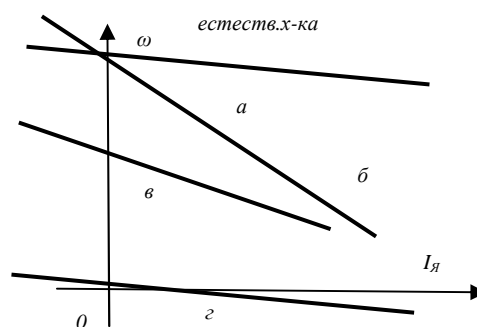
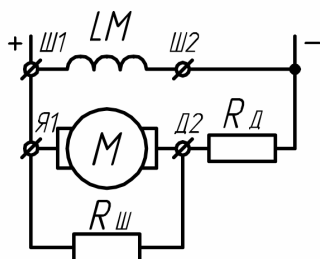


Рис. 2.17

2.18. При замыкании рубильника Р скорость двигателя

- 1) увеличится;
- 2) останется неизменной;
- 3) уменьшится.

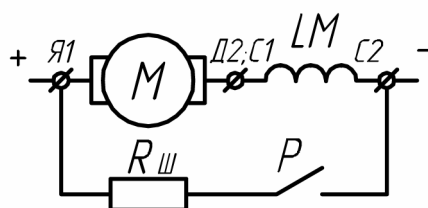


Рис. 2.18

2.19. По оси абсцисс отложен

- 1) момент М;
- 2) ток якоря  $I_{я}$ ;
- 3) мало данных.

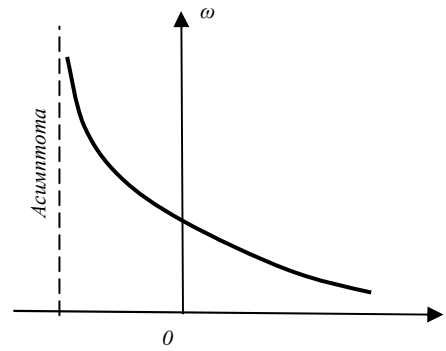
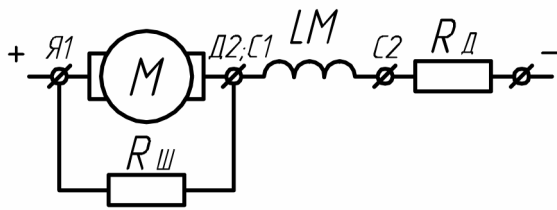


Рис. 2.19.

2.20. По оси абсцисс отложен

- 1) момент  $M$ ;
- 2) ток якоря  $I_a$ ;
- 3) мало данных.

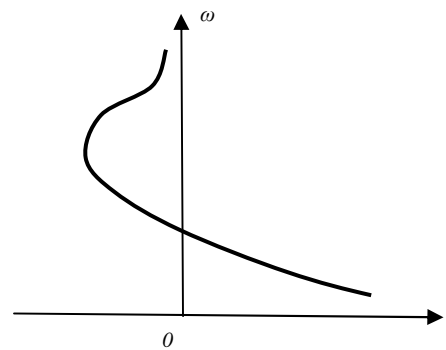
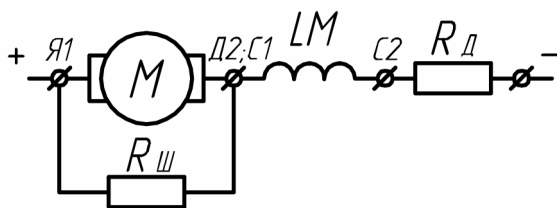


Рис. 2.20.

2.21. Механическую характеристику  $a$  двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением можно получить

- 1) изменением дополнительного сопротивления в якорной цепи;
- 2) шунтированием обмотки возбуждения;
- 3) шунтированием якоря.

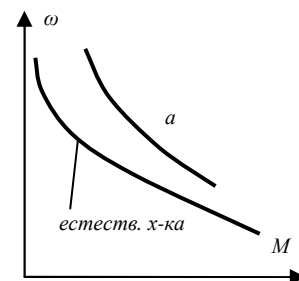
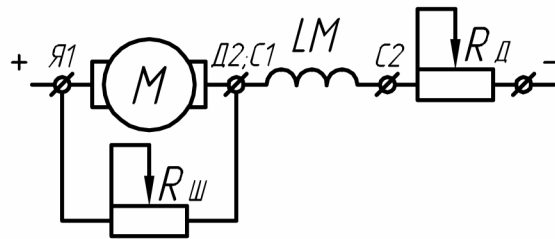


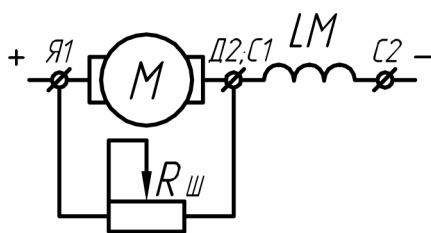
Рис. 2.21.

2.22. Какая из приведенных схем применяется для регулирования скорости вверх от основной?

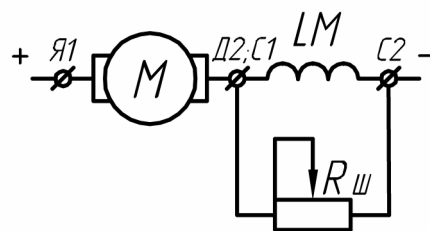
- 1) а;
- 2) б;
- 3) в.



а)



б)



в)

Рис. 2.22.

2.23. При увеличении угла управления  $\alpha$  управляемого выпрямителя, питающего двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, жесткость механических характеристик двигателя в области непрерывных токов

- 1)увеличивается;
- 2)уменьшается;
- 3)остается неизменной.

2.24. При уменьшении угла управления  $\alpha$  управляемого выпрямителя, питающего двигатель постоянного тока с независимым возбуждением под нагрузкой, скорость вращения двигателя

- 1)остается неизменной;
- 2)увеличивается;
- 3)уменьшается.

2.25. При периодическом включении и отключении контактора (показаны его контакты КМ1 и КМ2), когда  $0 < \varepsilon = \frac{t_{\text{вкл}}}{t_{\text{вкл}} + t_{\text{откл}}} < 1$ , электропривод имеет характеристику

- 1) а;
- 2) б;
- 3) в;
- 4) г.

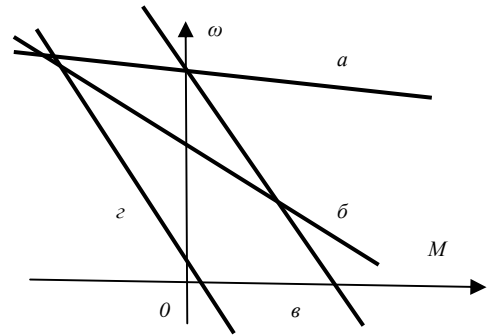
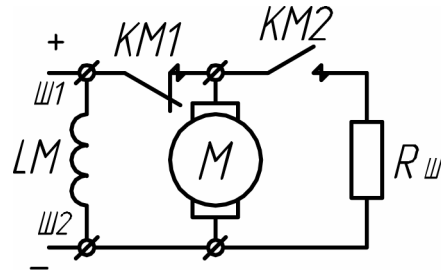


Рис. 2.25.

2.26. Какое из приведенных соотношений синхронных скоростей двухскоростного асинхронного двигателя можно получить при регулировании скорости изменением числа пар полюсов?

- 1)  $\omega_0' = 0,9\omega_0$ ;
- 2)  $\omega_0' = 0,5\omega_0$ ;
- 3)  $\omega_0' = 0,5\omega_0$ .

2.27. При переходе от схемы а к схеме б синхронная скорость двухскоростного асинхронного двигателя

- 1) уменьшится;
- 2) увеличится;
- 3) останется неизменной.

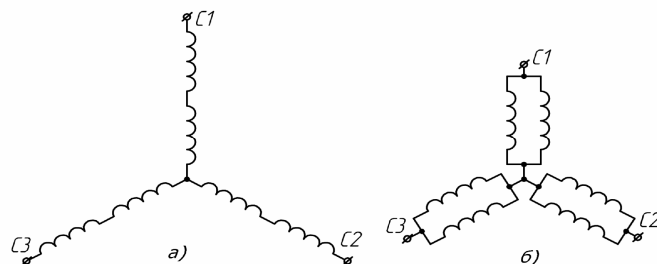


Рис. 2.27.

2.28. При переходе от схемы а к схеме б синхронная скорость двухскоростного асинхронного двигателя

- 1) уменьшится;
- 2) увеличится;
- 3) останется неизменной.

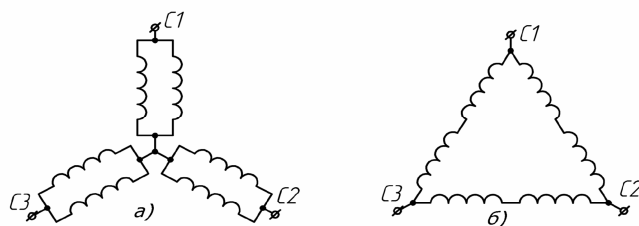


Рис. 2.28.

2.29. Какая характеристика короткозамкнутого асинхронного двигателя соответствует наибольшей частоте питающей сети?

1) а;

2) б;

3) в.

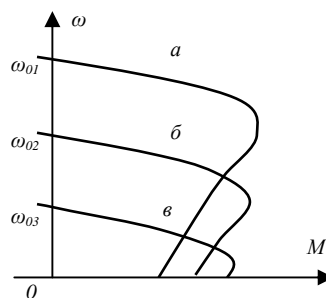


Рис. 2.29.

2.30. Регулирование скорости асинхронного двигателя (полагая  $R_1 \approx 0$ ) осуществляется изменением частоты по закону

1)  $\frac{U}{f} = \text{const}$  ;

2)  $U = \text{const}, f = \text{const}$  ;

3)  $\frac{U}{\sqrt{f}} = \text{const}$  .

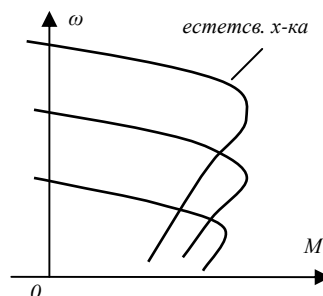


Рис. 2.30.

2.31. Регулирование скорости асинхронного двигателя осуществляется изменением частоты, причем

1)  $\frac{U}{f} = \text{const}$  ;

2)  $U = \text{const}, f > f_H$  ;

3)  $U = \text{var}, f < f_H$  .

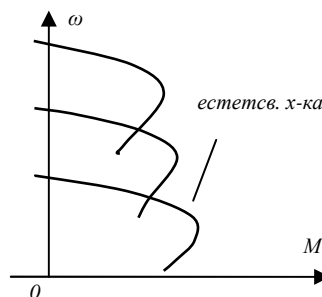


Рис. 2.30.

2.32. При уменьшении напряжения синхронного двигателя на 15% скорость вращения

1) остается неизменной;

2) уменьшается на 15%;

3) увеличивается на 15%;

4) мало данных.

2.33. При снижении частоты сети скорость вращения синхронного двигателя

- 1) остается неизменной;
- 2) уменьшается;
- 3) увеличивается.

2.34. Контакты КЛ замыкаются и размыкаются с некоторой частотой. Какая из характеристик электропривода соответствует наибольшему значению

$$\varepsilon = \frac{t_{\text{вкл}}}{t_{\text{цикла}}} ?$$

- 1) *a*;
- 2) *б*;
- 3) *в*.

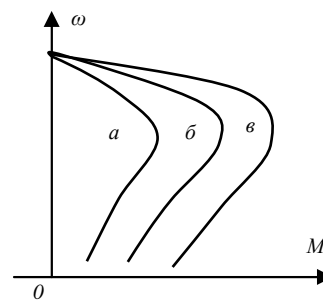
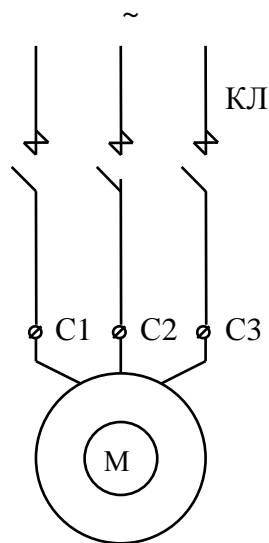


Рис. 2.34.

2.35. Два двигателя  $D_a$  и  $D_b$  с характеристиками *a* и *б* приводят в движение рабочий орган механизма РО ( $M_c$  реактивный). Какой из двигателей нагружен больше?

- 1)  $D_a$ ;
- 2)  $D_b$ ;
- 3) нагрузка одинакова;
- 4) мало данных.

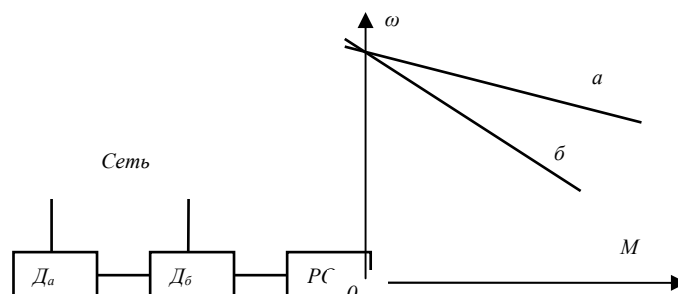


Рис. 2.35

2.36. Два двигателя  $D_a$  и  $D_b$ , работающие на общий вал и приводящие в движение горизонтальный конвейер, развивают момент  $M_c$  и скорость  $\omega_c$ . При отключении двигателя  $D_a$  от сети

- 1) конвейер остановится;
- 2) скорость конвейера уменьшится;
- 3) изменит направление движения конвейера.

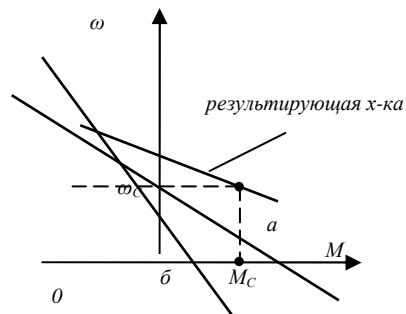


Рис. 2.36.

2.37. При подъеме груза два двигателя  $D_a$  и  $D_b$ , работающие на общий вал, вращаются со скоростью  $\omega = \omega_c$  и развивают момент  $M = M_c$ . При отключении двигателя  $D_a$  от сети

- 1) груз будет подниматься с меньшей скоростью;
- 2) груз будет неподвижен;
- 3) груз будет опускаться.

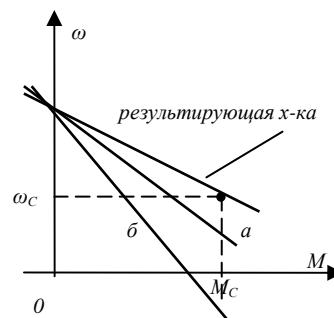


Рис. 2.37.

2.38. При подъеме груза два двигателя  $D_a$  и  $D_b$ , работающие на общий вал, вращаются со скоростью  $\omega = \omega_c$  и развивают момент  $M = M_c$ . При отключении двигателя  $D_a$  от сети

- 1) груз будет подниматься с меньшей скоростью;
- 2) груз будет неподвижен;
- 3) груз будет опускаться.

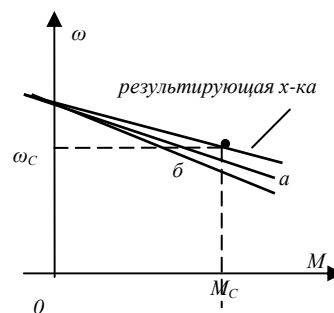


Рис. 2.38.



2.39. Сочетание двигательного и тормозного режимов машин, работающих на общий вал, используются для

- 1) повышения к.п.д. системы;
- 2) получения низких скоростей вращения;
- 3) регулирования скорости вверх от основной.

2.40. Асинхронные двигатели  $D_a$  и  $D_b$ , работая на общий вал, обеспечивают результирующую характеристику  $\bar{v}$ . Двигатель  $D_a$  имеет характеристику  $a$ . Двигатель  $D_b$  работает

- 1) в режиме противовключения;
- 2) в режиме динамического торможения;
- 3) в режиме рекуперативного торможения.

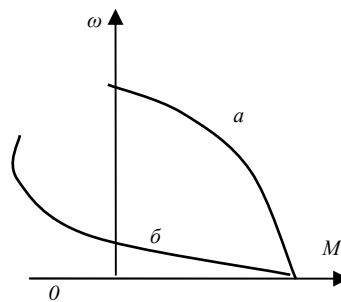


Рис. 2.40.

### **Содержательный модуль 3.**

#### **Расчет параметров структурной схемы электромеханической система**

##### **Учебный элемент 3.1.**

##### **Расчет динамических параметров объекта управления**

##### **Учебный элемент 3.2.**

##### **Расчет передаточной функции регулятора тока**

##### **Учебный элемент 3.3.**

##### **Расчет передаточной функции регулятора скорости**

##### **Учебный элемент 3.4.**

##### **Определение показателей качества электромеханической системы**

**Методические указания.** В теории электропривода механические, электрические и магнитные величины, характеризующие работу двигателя, - скорость, ускорение, положение вала, момент, ток, мощность, магнитный поток и так далее – называют координатами или регулируемыми величинами. Используя этот термин, можно сказать, что управление движением рабочего органа ТМ электрическим способом осуществляется за счет регулирования координат электродвигателя, как в установившемся, так и в переходном режимах работы ТМ. В установившемся режиме для обеспечения точной остановки кабины лифта необходимо регулировать скорость двигателя. В переходном режиме при разгоне и торможении кабины для обеспечения комфортных ощущений пассажиров необходимо регулировать ускорение.

В общем случае регулирования координат двигателя может осуществляться в разомкнутых и замкнутых системах АЭП. В первом случае система АЭП называется неавтоматизированной, так как все операции по управлению электроприводом осуществляются оператором. Качество такого управления обычно оказывается не очень высоким.

При необходимости получения процесса регулирования с высокими качественными показателями применяют замкнутые системы АЭП. В них оператор дает только команду на начало и конец работы, а все остальные

операции по обеспечению заданного технологического процесса обеспечиваются системой управления АЭП без участия человека. Такие системы называют автоматизированными.

При регулировании двух или нескольких координат используют три основных схемы замкнутых систем АЭП. Первая схема носит название схемы с суммирующим усилителем. В ней сигнал задания и сигналы обратных связей подаются на вход одного усилителя (регулятора). Достоинство схемы заключается в простоте, а недостаток – в невозможности независимого регулирования каждой из координат.

Во второй схеме используются нелинейные обратные связи, называемые в теории электропривода отсечками. Это позволяет в некотором диапазоне разделить регулирование координат.

Указанные недостатки схем с общим усилителем устраняются при использовании систем подчиненного регулирования координат. Каждая из координат регулируется в отдельном замкнутом контуре, что позволяет оптимально регулировать выходную величину.

Синтез систем подчиненного регулирования, при котором выбирают тип регулятора и его параметры, позволяет получить в динамических режимах оптимальный переходный процесс.

Литература: [1, с.212-493; 2, с.41-59, 133-165, 269-276].

### Вопросы для контроля знаний

3.1. Механическая характеристика ДПТ с независимым возбуждением в разомкнутой системе управляемый преобразователь –двигатель (П-Д) будет иметь вид

- 1) прямой 1;
- 2) прямой 2;
- 3) естественной характеристики
- 4) прямой 3;
- 5) прямой 4.

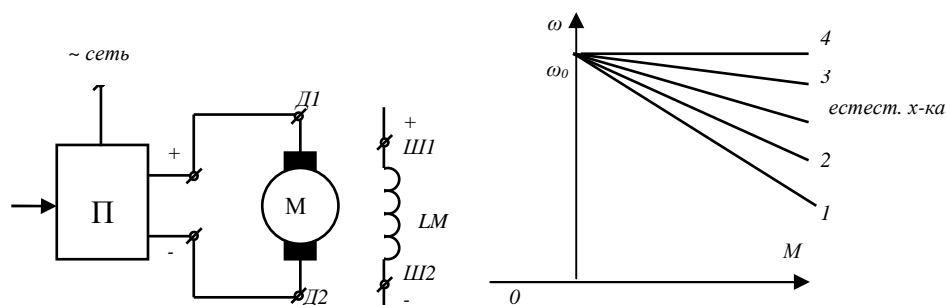


Рис. 3.1.

3.2. (схема и характеристики вопроса 3.1) Механическая характеристика ДПТ с независимым возбуждением в системе П-Д с обратной связью по напряжению преобразователя и пропорциональном регуляторе напряжения будет иметь вид

- 1) прямой 1;
- 2) прямой 2;
- 3) естественной характеристики;
- 4) прямой 3;
- 5) прямой 4.

3.3. Механическая характеристика ДПТ с независимым возбуждением в системе П-Д с обратной связью по напряжению преобразователя и пропорционально-интегральном регуляторе напряжения будет иметь вид

- 1) прямой 1;
- 2) прямой 2;
- 3) естественной характеристики;
- 4) прямой 3;
- 5) прямой 4.

3.4. Механическая характеристика ДПТ с независимым возбуждением в системе П-Д с обратной связью по скорости двигателя и пропорциональном регуляторе скорости будет иметь вид

- 1) прямой 1;
- 2) прямой 2;
- 3) естественной характеристики;
- 4) прямой 3;
- 5) прямой 4.

3.5. (схема и характеристики вопроса 5.1) Механическая характеристика ДПТ с независимым возбуждением в системе П-Д с обратной связью по скорости двигателя и пропорционально-интегральном регуляторе скорости будет иметь вид

- 1) прямой 1;
- 2) прямой 2;
- 3) естественной характеристики;
- 4) прямой 3;
- 5) прямой 4.

3.6. Защита двигателя в замкнутой системе П-Д с суммирующим усилителем в режиме работы «на упор» осуществляется

- 1) включением в цепи протекания тока якоря дополнительного сопротивления;
- 2) установкой максимально-токовой защиты;
- 3) применением задержанной обратной связи по току якоря.

3.7. Защита двигателя в замкнутой системе П-Д, построенной по принципу подчиненного регулирования, в режиме работы «на упор» осуществляется

- 1) применением задержанной обратной связи по току якоря;
- 2) регулированием тока якоря в замкнутом контуре;
- 3) включением в цепь протекания тока якоря дополнительного сопротивления.

3.8. Количество замкнутых контуров в системе подчиненного регулирования определяется

- 1) требованием заказчика;
- 2) числом больших постоянных времени в составе объекта управления;
- 3) сложностью наладки системы.

3.9. При указанных на рисунке 3.9 схеме выпрямления и величине выпрямляемого напряжения необходимо

- 1) ограничивать максимальную величину угла управления тиристорами;
- 2) ограничивать минимальную величину угла управления тиристорами;
- 3) не ограничивать величину угла управления тиристорами.

3.10. (схема вопроса 3.9, характеристики вопроса 3.1) Если зашунтировать конденсатор С4, то характеристика двигателя будет иметь вид

- 1) прямой 1;
- 2) прямой 2;
- 3) естественной характеристики;
- 4) прямой 3;
- 5) прямой 4.

3.11. (схема вопроса 3.9) Сигналом управления для регулятора скорости служит

- 1) электрический ток;
- 2) электрическое напряжение;
- 3) электрическая мощность;
- 4) магнитный поток.

3.12. (схема вопроса 3.9) Выпрямленное напряжение тиристорного преобразователя регулируется за счет

- 1)увеличения амплитуды импульсов управления тиристорами;
- 2)увеличения крутизны переднего фронта импульсов управления;
- 3)увеличения времени включенного состояния тиристоров.

3.13. (схема вопроса 3.9) Система импульсно-фазового управления тиристорным преобразователем (СИФУ) предназначена для

- 1)формирует импульсы управления тиристорами;
- 2)изменяет положение импульсов управления по фазе;
- 3)формирует импульсы управления тиристорами и изменяет их положение по фазе относительно точки естественной коммутации.

3.14.(схема вопроса 3.9) Тиристорный преобразователь, приведенный на рисунке

- 1)реверсивный;
- 2)нереверсивный;
- 3)недостаточно информации.

3.15. (схема вопроса 3.9) При обрыве в цепи обратной связи по скорости

- 1)двигатель остановится;
- 2)скорость двигателя увеличится;
- 3)напряжение на зажимах якоря двигателя резко увеличится.

3.16. При переходе двигателя в режим работы «на упор»

- 1)сгорят плавкие вставки предохранителей;
- 2)СИФУ отключит импульсы управления тиристорами;
- 3)действие узла токового ограничения (УТО) уменьшит напряжение на зажимах якоря двигателя.

3.16. (схема вопроса 3.9) Скорость вращения двигателя зависит от

- 1)величины сигнала задания;
- 2)величины момента сопротивления;
- 3)величины напряжения на зажимах якоря двигателя.

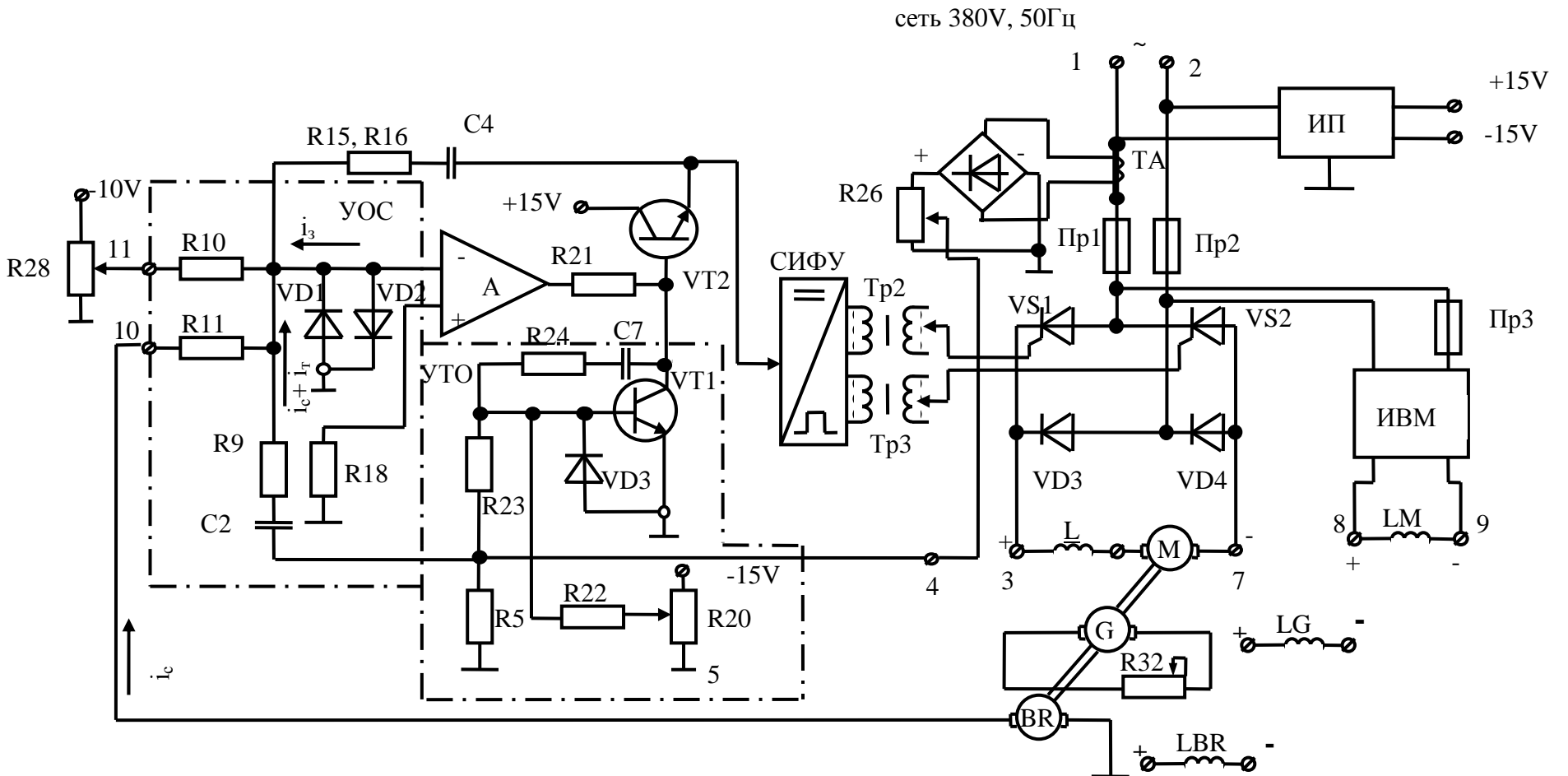


Рис. 3.9 – Функциональная схема установки

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки  
до самостійного вивчення дисципліни

## «ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ»

(для студентів 4 курсу усіх форм навчання  
за напрямом підготовки 6.050702 «Електромеханіка»  
спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)

(Рос. мовою)

Укладач **ФАТЕЄВ Віктор Миколайович**

Редактор *З. М. Москаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 201М

---

Підп. до друку 12.05.2011 р.	Формат 60х84/16
Друк на ризографі	Ум. друк. арк. 1,5
Тираж 50 пр.	Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.