РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

А.В. Соломин, Ю.П. Булавин

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ВАГОНОВ

Учебно-методическое пособие
(к самостоятельной работе студентов)

Ростов-на-Дону
2017

УДК

Рецензент – кандидат технических наук, доцент В.Н. Кротов

Соломин, А.В.

Системы автоматизации производства и ремонта вагонов: Учебно-методическое пособие / А.В. Соломин, Ю.П. Булавин, ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 54 с. –Библиогр.: с.

Содержит темы для самостоятельной подготовки по рабочей программе дисциплины «Системы автоматизации производства и ремонта вагонов», список использованной литературы. Учебно-методическое пособие призвано активизировать самостоятельную работу студентов, способствовать более глубокому изучению дисциплины.

Предназначены для специальности «Подвижной состав железных дорог» специализация «Вагоны».

Одобрено к изданию кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство».

© Соломин А.В.
Булавин Ю.П. 2017
© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

Содержание

Объекты автоматизации 4
Методы построения систем автоматического управления 10
Устройство автоматов и автоматических линий 14
Список использованной литературы 16

Объекты автоматизации

Характерная особенность любого управляемого объекта – наличие у него управляющего органа, через который осуществляется воздействие автоматического управляющего устройства (АУУ) на объект. При этом изменяется входное воздействие. Это воздействие характеризует энергетический уровень объекта и зависит от возмущения (нагрузки). Следовательно, управляемый объект имеет, по крайней мере, два входа – на один (управляющий орган) подается управляющее воздействие, на второй поступает возмущающее воздействие.

Определяющая часть возмущения автоматической системы – это нагрузка, является внешним воздействием. Она связана с преобразованием энергии в объекте или протекающим через него веществом. Часто нагрузка изменяется ступенчато. В общем случае нагрузка характеризуется случайным (стохастическим) процессом, который представляет собой изменение во времени случайной величины.

Случайные процессы разделяются на стационарные и нестационарные.

Характеристики случайного процесса:

- корреляционная функция;
- спектральная плотность.

Если управляемый объект является механическим, то по числу степеней свободы его положение можно определить декартовыми или обобщенными лагранжевыми координатами.

Если управляемый объект характеризует одна управляемая величина, его рассматривают как одномерный (однопараметровый).

Управляемая величина является прямым или косвенным показателем уровня энергии в объекте. Поэтому объекты рационально разделять по основным видам энергии.

В автоматической системе механический объект подвергается действию со стороны разнообразных двигателей. Инерционные характеристики объекта приводят к выходному органу двигателя и последний рассматривают как

управляемый объект. В простейших случаях используют основное уравнение динамики (второй закон Ньютона, дифференциальное уравнение движения материальной точки)

$$m_Д \frac{dv}{dt} = Q_Д - Q_c - Q_н$$

для двигателей поступательного действия.

Или дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси

$$J_Д \frac{dv}{dt} = M_Д - M_c - M_н$$

для двигателей вращательного действия.

В качестве теплового двигателя рефрижераторного подвижного состава используется дизель. Требуется управлять скоростью вращения его выходного вала ω с приведенным моментом инерции $J_д$.

Для получения дифференциального уравнения, описывающего состояние объекта, необходимо иметь аналитические или графические зависимости указанных моментов. Если эти зависимости нелинейны, то с целью перехода к линейным дифференциальным уравнениям их необходимо линеаризовать. Линеаризация основывается на предположении малых отклонений переменных от их установившихся значений.

Объект автоматической системы, если входная величина – напряжение, подаваемое на управляющую обмотку, выходная величина – напряжение на зажимах, называется генератором.

На предприятиях вагонного хозяйства, так же как и на пассажирских вагонах применяются различные механизмы с электрическим приводом переменного или постоянного тока.

В электроприводах механизмов применяют следующие способы пуска:

прямой и реостатный. При прямом пуске двигатель непосредственно подключают к питающей сети. При реостатном пуске последовательно с обмоткой ротора (якоря) включают пусковой реостат.

При автоматизированном пуске электроприводов постоянного тока подключение двигателя к сети и вывод отдельных ступеней пускового реостата осуществляется контакторами, которые включаются поочередно с помощью системы релейной автоматики. В зависимости от параметра, воздействующего на систему релейной автоматики, используют следующие виды автоматического пуска: пуск с контролем по частоте вращения, по току и по времени.

В электроприводах, работающих на переменном токе, применяют трехфазные асинхронные двигатели, как с фазным ротором, так и с короткозамкнутым. Частоту вращения асинхронного двигателя можно регулировать тремя способами: путем изменения числа пар полюсов обмотки статора, частоты *f* питающего напряжения и значения скольжения *s*. На пассажирских вагонах используют только первый способ (для пуска двигателя компрессора): позволяет осуществить только ступенчатое регулирование частоты вращения, так как изменить число пар полюсов можно только в соотношении 1:2:3:4:5 и т. д.

Рассмотрим схему управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором (рисунок 1). Для изменения направления вращения ротора необходимо поменять местами провода двух соседних фаз.

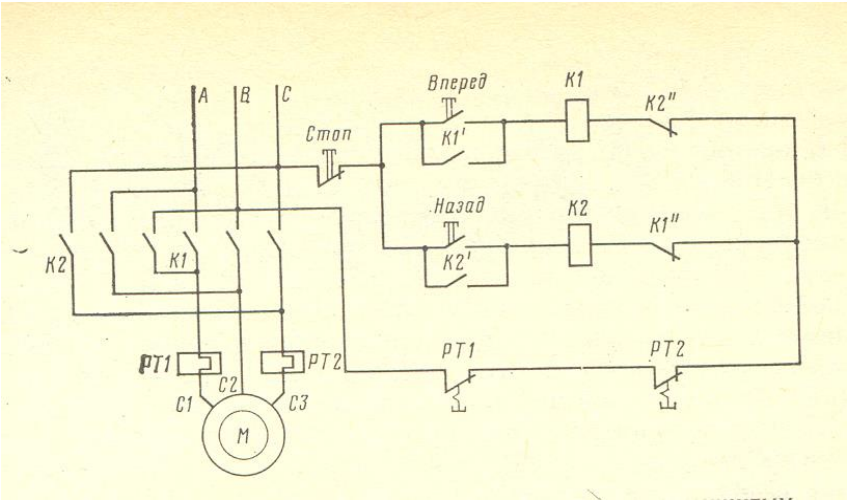

Рисунок 1 - Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором

При нажатии кнопки «Вперед» осуществляется прямой пуск двигателя М с помощью контактора К1 в одном направлении, а при нажатии кнопки «Назад» - с помощью контактора К2 – в противоположном направлении. Контактор К1 подключает к фазам А, В, С сети зажимы С1, С2, С3 обмотки статора, а контактор К2 переключает два провода, подключающие к фазам А и В зажимы С1 и С2. Путем нажатия кнопок «Вперед» и «Назад» подается питание на катушки контакторов К1 и К2, что приводит к включению их силовых контактов. Параллельно этим кнопкам включены блокировочные контакты К1' и К2' соответствующих контакторов, в результате чего обеспечивается нулевая защита двигателя.

Защита от перегрузок осуществляется тепловыми реле РТ1 и РТ2, нагревательные элементы которых включены в провода, проводящие ток к зажимам С1 и С3 обмотки статора, а контакты - в цепь питания катушек К1 и К2. Поэтому при срабатывании любого теплового реле размыкается цепь питания этих катушек и соответствующий контактор отключает двигатель от сети. То же самое происходит при нажатии кнопки «Стоп».

В цепи питания катушек К1 и К2 включены также блокировочные контакты К2' и К1". Они не дают возможности одновременно включаться обоим контакторам, что приводит к короткому замыканию сети. Если, например, включен контактор К1, то его контакты К1" в цепи катушки контактора К2 разомкнуты и при нажатии кнопки «Назад» напряжение на эту катушку не подается, т. е. контактор К2 не может включиться. Для его включения необходимо предварительно нажать на кнопку «Стоп», что приведет к отключению контактора К1, после чего можно включать контактор К2 нажатием на кнопку «Назад».

Далее, рассмотрим пример автоматического управления системой электроотопления в пассажирских вагонах с установкой кондиционирования воздуха. Данная система обычно полностью автоматизирована и сблокирована с работой системы вентиляции и системы охлаждения воздуха. Режимы отопления и охлаждения воздуха устанавливают специальным переключателем. В даль-

нейшем температура в вагоне поддерживается на заданном уровне с помощью термостатов, управляющих работой электронагревательных устройств.

Обычно в системах автоматического регулирования температуры для управления работой электропечей ЭП и электрокалорифера ЭК (рисунок 2.2) предусмотрены специальные термостаты Т1 и Т2, которые при помощи промежуточных реле Р2 и Р3 включают и выключают контакторы К4 и К5. При этом на электропечи и электрокалорифер подается питание или они отключаются от сети. Чтобы не допустить включения ЭК при неработающем

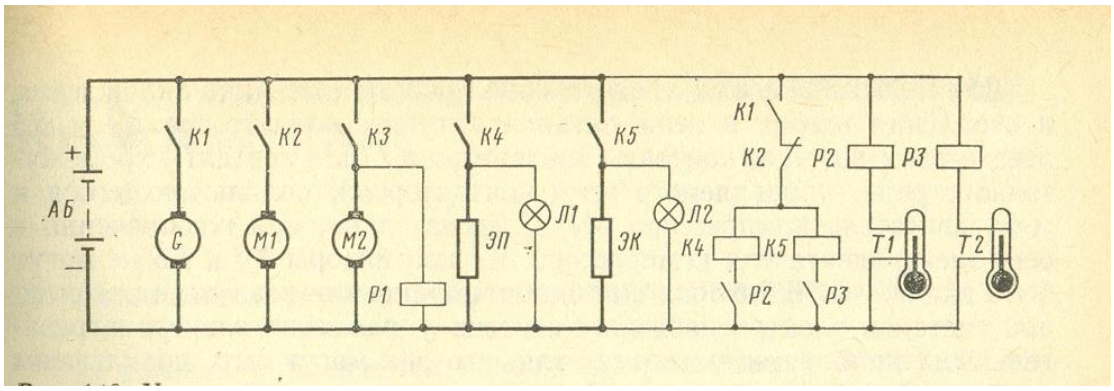

Рисунок 2 - Упрощенная принципиальная схема управления электронагревательными приборами в вагонах с кондиционированием воздуха

вентиляторе (это привело бы к перегоранию ЭК), в цепь катушки контактора К5 введены замыкающие контакты реле Р1. Катушка этого реле присоединена параллельно якорю электродвигателя вентилятора М2. Поэтому, если двигатель М2 не вращается (в результате неисправности или отключения контактора К3) и в обмотке его якоря не индуктируется ЭДС, ток в катушке реле Р1 будет недостаточным для срабатывания реле и его контакты в цепи катушки контактора К5 останутся разомкнутыми. Следовательно, ЭК не сможет быть присоединен к питающей сети.

Для предотвращения одновременной работы устройств охлаждения и отопления вагона в цепи питания катушек контакторов К4 и К5 введены замыкающие контакты контактора К2 (или контакты промежуточного реле, управ-

ляемого этим контактором), подключающего к сети двигатель компрессора М1. При подключении к сети электродвигателя компрессора М1 контакторы К4 и К5 не могут быть включены. В вагонах с кондиционированием воздуха и автономной системой электроснабжения система управления электронагревательными приборами выполнена так, что они могут быть подключены к вагонной сети только при работающем генераторе (от аккумуляторной батареи система не работает). Это достигается включением в цепь катушек контакторов К4 и К5 замыкающих контактов контактора К1, подключающего генератор к вагонной сети (или контактов промежуточного реле, управляемого этим контактором). Сигнализация о состоянии ЭП и ЭК осуществляется сигнальными лампами Л1 иЛ2, включенного параллельно этим приборам.

Методы построения систем автоматического управления

Обособленная часть автоматической системы, выполняющая определенную функцию, называется функциональным блоком.

Графическое изображение функциональных блоков и связей между ними называется функциональной схемой или блок-схемой (рисунок 3).

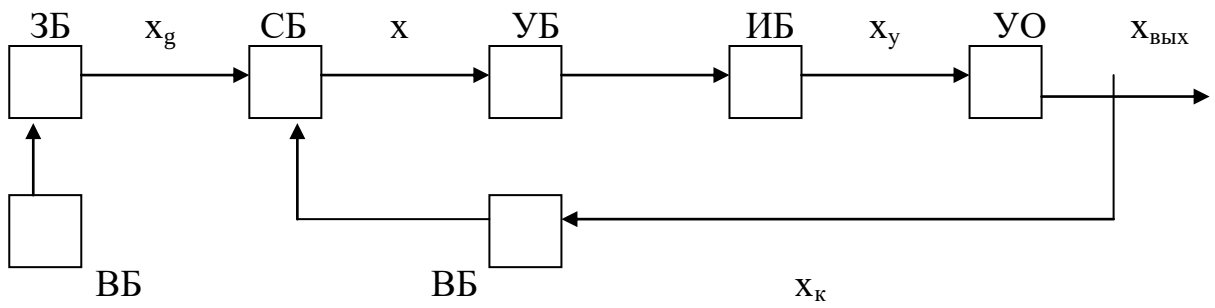

Рисунок 3 – Функциональная схема САУ

Воспринимающий блок (ВБ) – функциональный блок автоматического управляющего устройства, принимающий контрольные или внешние воздействия.

Задающий блок (ЗБ) - функциональный блок автоматического управляющего устройства, фиксирующий предписания, соответствующие заданному алгоритму управления, предназначенный для установления необходимого значения управляемой величины.

Управляющий блок (УБ) - функциональный блок автоматического управляющего устройства, вырабатывающий воздействие на исполнительный блок в соответствии с алгоритмом управления.

Исполнительный блок (ИБ) - функциональный блок автоматического управляющего устройства, осуществляющий выработку управляющих воздействий.

Сравнивающий блок (СБ) – функциональный блок, реализующий сопо-

ставление значений управляемой величины от ее заданного значения.

Принцип любой автоматической системы отражается функциональной схемой. Автоматическая система обладает свойством однонаправленности.

Однонаправленность – это свойство последующих элементов не оказывать обратного действия на предыдущие.

Приводятся примеры построения функциональных схем систем автоматического управления (САУ) непосредственно связанных с производством или ремонтом вагонов.

Для исследования динамики системы необходимо знать тип звена и постоянные времени. Для этого составляют дифференциальное уравнение для элемента на основе использования соответствующего физического закона.

Элементы воспринимающих блоков называют по виду входной величины. Они могут быть выполнены в виде простейшего преобразовательного звена или совокупности таких звеньев:

- каскадным соединением – последовательное соединение звеньев, когда

$x_{вых\ i} = x_{вх\ i+1}$;

- дифференциальным элементом – состоит из двух звеньев, выходные сигналы которых поступают на элемент сравнения, т.е.

$x_{вых} = x_{вых1} - x_{вых2}$;

- логометрическим элементом - производит деление выходных сигналов

$x_{вых\ i} = x_{вых1}\, x^{-1}_{вых2}$;

- компенсационным элементом – характеризуется отрицательной обратной связью, реализующей работу по рассогласованию, т.е.

$x_{вх1} = x_{вх} - x_{вых2}$, $x_{вых} = x_{вых1} = x_{вх2}$.

Требования, предъявляемые к элементам воспринимающих блоков:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;

- достаточная избирательная способность – восприятие лишь требуемого воздействия;

- однонаправленность – отсутствие влияния нагрузки на выходе на характеристику элемента.

Характер задающего блока определяет тип системы: стабилизирующая, программная, следящая.

Характерная особенность блоков сравнения – наличие двух входов. На один подается задающее воздействие, на второй - контрольное. В этом случае элемент реализует на выходе: $x = x_g - x_к$. Если входные воздействия элементов сравнения имеют различную физическую природу, то эти воздействия преобразуются в самом элементе, где происходит сравнение.

Элементами этих блоков являются усилители, преобразователи и корректирующие устройства.

Управляющий блок, в большинстве случаев, строится на базе усилителя. В этом случае мощность сигнала будет увеличена за счет энергии дополнительного источника питания.

Усиление сигнала по мощности оценивается коэффициентом усиления: отношение мощности усилителя на выходе к мощности на входе. Выбор усилителя производится из следующих данных: вид, значение и мощность входного (выходного сигнала) и вид вспомогательной энергии.

Усилители подразделяются по виду источника энергии на: электронные, магнитные, электромашинные, пневматические и гидравлические. При необходимости большего усиления выполняют каскадное соединение однотипных или разнотипных усилителей.

АУУ заканчивается исполнительным блоком (ИБ), а на его выходе реализуется управляющее воздействие на объект. ИБ состоит из исполнительного двигателя (серводвигателя), передачи и источника питания. Исполнительные элементы, как и усилители, разделяют на электрические, механические, гидравлические и пневматические

Исполнительные устройства реализуют либо непрерывную, либо релейную характеристику. В первом случае обеспечивается пропорциональное управление, во втором – на выходе исполнительного двигателя устанавливается постоянное значение скорости независимо от уровня входного сигнала.

Исполнительный элемент должен быть реверсивным, обладать возможно-

стью простого изменения величины выходного воздействия.

Устройство автоматов и автоматических линий

Основные признаки классификации автоматов:

а) по технологическому значению;

б) по степени универсальности;

в) по степени автоматизации;

г) по направлению геометрической оси.

Автомат, предназначенный для изготовления конкретного изделия – специальный.

Часть машинного устройства, состоящая из электродвигателя, аппаратуры управления и передаточного механизма - электрический привод.

Составные элементы электрического привода механизма: электродвигатель, аппаратура управления и передаточный механизм.

Привод, используемый для осуществления быстрых прямолинейных перемещений элементов гидро- и пневмооборудования, муфт, подъема задвижек и клапанов – электромагнитный.

Привод автомата, обладающий простотой конструкции и управления, взрывобезопасностью, низкой стоимостью, сравнительной быстротой действия – пневматический.

Привод автомата, в котором создаваемое сжатым воздухом давление увеличивается за счет использования гидроусилителя – пневмогидравлический.

Привод автомата, обеспечивающий большие усилия при малых габаритах и массе исполнительных устройств, плавное и точное регулирование - гидравлический.

Силовые головки автоматов по назначению различают сверлильные, сварочные, фрезерные и обмывочные.

Устройство, сообщающее инструментам главное движение и движение продольной подачи - силовые головки автоматов.

Силовые головки автоматов по способу осуществления рабочей подачи

различают:

а) электромагнитные;

б) электромеханические;

в) электрогидравлические.

Силовые головки автоматов, обеспечивающие бесступенчатое регулирование подачи:

а) пневмогидравлические;

б) электрогидравлические.

Силовые головки автоматов со ступенчатым регулированием скорости подачи - электромеханические;

Механизмы автоматов, предназначенные для закрепления обрабатываемых изделий в рабочих зонах станков – зажимные.

Механизмы автоматов, предназначенные для накопления изделий и поочередной их подачи в рабочие зоны технологических машин – загрузочные.

Поочередная подача плоских деталей в рабочие зоны технологических машин осуществляется с помощью загрузочных механизмов магазинного типа.

Элементы загрузочного устройства магазинного типа:

а) накопитель деталей;

б) питатель-отсекатель;

в) направляющее устройство.

Элементы загрузочного устройства бункерного типа:

а) питатель-отсекатель;

б) захватное устройство;

в) фиксатор;

г) чаша.

Элементы подвесного автооператора на портальной раме:

а) манипулятор;

б) захватное устройство;

в) каретка;

г) приемник технологической машины.

Узлы вагонов для автоматического изменения ориентации применяются кантователи:

а) кузова вагонов;

в) контейнеры;

г) рамы и балки.

Поворотные круги применяются для автоматического изменения ориентации тележек и колесных пар.

Механизм, служащий для поворота изделий вокруг двух осей с целью их установки в удобное положение – позиционер.

Узлы вагонов для автоматического изменения ориентации применяются позиционеры корпусов букс и автосцепных устройств.

Механизм, предназначенный для вращения изделий со сварочными скоростями вокруг вертикальной оси при автоматической сварке – вращатель.

Автоматические линии по типу встроенных станков подразделяются на:

а) универсальные;

б) специальные;

в) агрегатные.

Автоматические линии, применяемые в серийном производстве и обладающие способностью переналадки на новые виды изделий – универсальные.

Автоматические линии, применяемые в серийном производстве для обработки только одного вида деталей – специальные.

Автоматические линии, применяемые в серийном производстве для обработки корпусных деталей - агрегатные.

Вид связи автоматических линий без межоперационных автоматических накопителей между станками-автоматами – жесткая связь.

Вид связи автоматических линий, характеризуемые наличием межоперационных автоматических накопителей между всеми станками-автоматами – гибкая связь.

Вид связи автоматических линий, разделенные на участки, между которыми встраиваются межоперационные автоматические накопители - комбини-

рованная связь.

Список использованной литературы

1 Болотин М.М. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов [Электронный ресурс] : учебник / М.М. Болотин, А.А. Иванов. – Электрон. текстовые данные. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2016. – 336 с. – 978-5-89035-932-2. – Режим доступа: http://library.miit.ru/2014books/pdf/Болотин_Иванов.pdf

2 Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс]: учебник/ Схиртладзе А.Г., Федотов А.В., Хомченко В.Г. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2015. – 459 с - НТБ "Консультант студента":
http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200735.html.

3 Болотин М.М., Новиков В.Е. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов: Учебник для вузов ж.-д. трансп. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Маршрут, 2004. –310 с.

Учебное издание

Соломин Андрей Владимирович
Булавин Юрий Павлович

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ВАГОНОВ

Печатается в авторской редакции
Технический редактор

Подписано в печать 00.00.17 Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л ___.
Тираж экз. Изд. № ____. Заказ

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка

Народного Ополчения, 2.