

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»

История развития автоматизации и управления

Методические указания к практическим занятиям для студентов по направлению
подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

УДК 658

История развития автоматизации и управления: Методические указания к практическим занятиям для студентов по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств / А.А. Мещерякова; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2018. – 53 с.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ВГЛТУ

Рецензент: д.т.н., профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени Петра I» Афоничев Д.Н.

Содержание

| | |
|--|----|
| Практическая работа №1 Исторические этапы развития автоматизации | 4 |
| Практическая работа №2 Развитие автоматических устройств на железнодорожном транспорте | 9 |
| Практическая работа №3 Двигатель как объект автоматического управления | 15 |
| Практическая работа №4 Теория регулирования хода машин | 21 |
| Практическая работа №5 Применение двигателей в АСР | 26 |
| Практическая работа № 6 Самонастраивающиеся системы и механизмы | 30 |
| Практическая работа № 7 Применение автоматизации на производстве | 35 |
| Практическая работа № 8 Автоматические устройства связи | 39 |
| Практическая работа № 9 Микропроцессорные системы | 42 |
| Библиографический список | 52 |

Практическая работа №1

Исторические этапы развития автоматизации

Цели работы: формирование знаний об объектах и средствах автоматизации, изучение этапов их развития.

Основные понятия об автоматизируемых процессах

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, применение саморегулирующих технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, существенно уменьшающих степень

этого участия или трудоёмкость выполняемых операций.

Требует дополнительного применения датчиков (сенсоров), устройств ввода, управляющих устройств (контроллеров), исполнительных устройств,

устройств вывода, использующих электронную технику и методы вычислений, иногда копирующие нервные и мыслительные функции человека. Наряду с термином «автоматический», используется понятие «автоматизированный», подчеркивающий относительно большую степень участия человека в процессе.

Автоматизируются:

- производственные процессы;
- проектирование;
- организация, планирование и управление;
- научные исследования;
- бизнес-процессы.

Цель автоматизации – повышение производительности труда, улучшение качества продукции, оптимизация управления, устранение человека от производств, опасных для здоровья, повышение надежности и точности производства, увеличение конвертируемости и уменьшение времени обработки данных.

Автоматизация обладает рядом преимуществ и недостатков в сравнении с предыдущим этапом технического развития.

К основным преимуществам можно отнести:

- замена человека в задачах, включающих тяжелый физический или монотонный труд.
- замена человека при выполнении задач в опасных условиях (а именно: пожар, космос, извержения вулканов, ядерные объекты, под водой и т.д.)
- выполнение задач, которые выходят за рамки человеческих возможностей по весу, скорости, выносливости и т.д.
- экономика улучшения. автоматизация может вносить улучшения в экономику предприятия, общества или большей части человечества.

Основными недостатками автоматизации являются:

- рост уровня безработицы из-за высвобождения людей в результате замены их труда машинным;
- технические ограничения;
- угрозы безопасности / уязвимость;
- непредсказуемые затраты на разработку;
- высокая начальная стоимость.

Основные этапы развития средств автоматизации

Процесс автоматизации начался намного раньше, чем нам могло бы казаться, автоматизация насамом деле появилась практически сразу же с возникновением производства, а само по себе производство существует уже так давно, что точно никто и не скажет. Мы начнем рассматривать с появления самодействующих устройств.

Самодельствующие устройства – прообразы современных автоматов - появились в глубокой древности. Однако в условиях мелкого кустарного и полукустарного производства вплоть до 18 в. практического применения они не получили и оставаясь занимательными «игрушками», свидетельствовали лишь о высоком искусстве древних мастеров. Совершенствование орудий и приёмов труда, приспособление машин и механизмов для замены человека в производственных процессах вызвали в конце 18 в. - начале 19 в. резкий скачок уровня и масштабов производства, известный как промышленная революция 18 - 19 вв.

Промышленная революция создала необходимые условия для механизации производства в первую очередь прядильного, ткацкого, металло- и деревообрабатывающего. К. Маркс увидел в этом процессе принципиально новое направление технического прогресса и подсказал переход от применения отдельных машин к «автоматической системе машин», в которой за человеком остаются сознательные функции управления: человек становится рядом с процессом производства в качестве его контролёра и регулировщика. Важнейшими изобретениями этого периода стали изобретения русским механиком И. И. Ползуновым автоматического регулятора питания парового котла (1765) и английским изобретателем Дж. Уаттом центробежного регулятора скорости паровой машины (1784), ставшей после этого основным источником механической энергии для привода станков, машин и механизмов.

С 60-х гг. 19 в., в связи с быстрым развитием железных дорог, стала очевидна необходимость автоматизации железнодорожного транспорта и прежде всего создания автоматических приборов контроля скорости для обеспечения безопасности движения поездов. В России одними из первых изобретений в этом направлении были автоматический указатель скорости инженера-механика С. Прауса (1868) и прибор для автоматической регистрации скорости движения поезда, времени его прибытия, продолжительности остановки, времени отправления и местонахождения поезда, созданный инженером В. Зальманом и механиком О. Графтио (1878). О степени распространения автоматических устройств в практике железнодорожного транспорта свидетельствует то, что на Московско-Брестской железной дороге уже в 1892 существовал отдел "механического контроля поездов".

Учение об автоматических устройствах до 19 в. замыкалось в рамки классической прикладной механики, рассматривавшей их как обособленные механизмы. Основы науки об автоматическом управлении по существу впервые были изложены в статье английского физика Дж. К. Максвелла "О регулировании" (1868) и труде русского учёного И. А. Вышнеградского "О регуляторах прямого действия" (1877), в котором впервые регулятор и машина рассматривались как единая система. А. Стодола, Я.И. Грдина и Н.Е. Жуковский, развивая эти работы, дали систематическое изложение теории автоматического регулирования.

С появлением механических источников электрической энергии - электромашинных генераторов постоянного и переменного тока (динамомашин, альтернаторов) - и электродвигателей оказалась возможной централизованная выработка энергии, передача её на значительные расстояния и дифференцированное использование на местах потребления. Тогда же возникла необходимость в автоматической стабилизации напряжения генераторов, без которой их промышленное применение было ограниченным. Лишь после изобретения регуляторов напряжения с начала 20 в. электроэнергия стала использоваться для привода производственного оборудования. Наряду с паром привода производственного оборудования. Наряду с паровыми машинами, энергия которых распределялась трансмиссионными валами и ремёнными передачами по станкам, постепенно распространялся и электропривод, вначале вытеснивший паровые машины для вращения трансмиссий, а затем получивший и индивидуальное применение, т. е. станки начали оснащать индивидуальными электродвигателями.

Переход от центрального трансмиссионного привода к индивидуальному в 20-х гг. 20 в. чрезвычайно расширил возможности совершенствования технологии механической обработки и повышения экономического эффекта. Простота и надёжность индивидуального электропривода позволили механизировать не только энергетику станков, но и управление ими. На этой основе возникли и получили развитие разнообразные станки - автоматы, многопозиционные агрегатные станки и автоматические линии. Широкое применение автоматизиро-

ванного электропривода в 30-е гг. 20 в. не только способствовало механизации многих отраслей промышленности, но по существу положило начало современной автоматизации производства. Тогда же возник и сам термин автоматизация производства.

В СССР освоение автоматизированных средств управления и регулирования производственных процессов началось одновременно с созданием тяжёлой промышленности и машиностроения и проводилось в соответствии с решениями Коммунистической партии и Советского правительства об индустриализации и механизации производства. В 1930 по инициативе Г. М. Кржижановского в Главэнергоцентре ВСНХ СССР был организован комитет по автоматике для руководства работами по автоматизации в энергетике. В правлении Всесоюзного электротехнического объединения (ВЭО) в 1932 было создано бюро автоматизации и механизации заводов электропромышленности. Началось применение автоматизированного оборудования в тяжёлой, лёгкой и пищевой промышленности, совершенствовалась транспортная автоматика. В специальном машиностроении наряду с отдельными автоматами были введены в действие конвейеры с принудительным ритмом движения. Организовано Всесоюзное объединение точной индустрии (ВОТИ) по производству и монтажу приборов контроля и регулирования.

В научно-исследовательских институтах энергетики, металлургии, химии, машиностроения, коммунального хозяйства создавались лаборатории автоматики. Проводились отраслевые и всесоюзные совещания и конференции по перспективам её применения. Начались технико-экономические исследования значения автоматизации производства для развития промышленности в различных социальных условиях. В 1935 в АН СССР стала работать Комиссия телемеханики и автоматики для обобщения и координации научно-исследовательских работ в этой области. Началось издание журнала "Автоматика и телемеханика".

В 1936 Д. С. Хардер (США) определял автоматизацию как "автоматическое манипулирование деталями между отдельными стадиями производственного процесса". По-видимому, вначале этим термином обозначали связывание станков с автоматическим оборудованием передачи и подготовки материалов. Позднее Хардер распространил значение этого термина на каждую операцию производственного процесса.

Высокая экономическая эффективность, технологическая целесообразность и часто эксплуатационная необходимость способствовали широкому распространению автоматизации в промышленности, на транспорте, в технике связи, в торговле и различных сферах обслуживания. Её основные предпосылки: более эффективное использование экономических ресурсов - энергии, сырья, оборудования, рабочей силы и капиталовложений. При этом улучшается качество и обеспечивается однородность выпускаемой продукции, повышается надёжность эксплуатации установок и сооружений.

Социалистическое государство, рассматривая автоматизацию производства как один из наиболее мощных факторов развития народного хозяйства, осуществляет её по единому комплексному плану, увязанному с соответствующими ассигнованиями и материально-техническим обеспечением. В ходе выполнения первых трёх пятилетних планов развития народного хозяйства (1928-41) были созданы первые заводы, производящие приборы и аппаратуру автоматики и телемеханики для автоматизации производства. Во время Великой Отечественной войны (1941-45) автоматизация производства имела огромное значение в материально-техническом обеспечении фронта и удовлетворении нужд оборонной промышленности СССР. В первом послевоенном плане восстановления и развития народного хозяйства (1946-50) была предусмотрена дальнейшая автоматизация в энергетике, химической, нефтяной и нефтехимической промышленности, широкое внедрение в производство автоматизированного электропривода. Программа дальнейшего развития автоматизации производства в период 1953-58, принятая на 19-м съезде КПСС, предусматривала, в частности, механизацию работ и автоматизацию производства на предприятиях чёрной металлургии, в горной промышленности, в машиностроении, а также полную автоматизацию ГЭС.

Практически 50-е гг. явились периодом, когда автоматизация производства начала внедряться во все имеющие значительный удельный вес отрасли народного хозяйства СССР. В машиностроении - производстве тракторов, автомобилей и сельско-хозяйственных машин - были пущены автоматические линии; начал работать автоматизированный завод по производству поршней для автомобильных двигателей. Закончен перевод на автоматическое управление агрегатов ГЭС, многие из них были полностью автоматизированы. На ряде крупнейших ТЭЦ были автоматизированы котельные цехи. В металлургической промышленности около 95% чугуна и 90% стали выплавлялось в автоматизированных печах; были введены в эксплуатацию первые автоматизированные прокатные станы. Пущены автоматические установки на нефтеперерабатывающих предприятиях. Осуществлено телемеханическое управление газопроводами.

Автоматизированы многие системы водоснабжения. Начали действовать автоматические бетонные заводы. Лёгкая и пищевая промышленность стала широко оснащаться автоматами и полуавтоматами для расфасовки, дозировки и упаковки продукции и автоматическими линиями по производству продуктов. Парк автоматизированного оборудования в 1953 вырос в 10 раз по сравнению с 1940. В металлообрабатывающей промышленности появились станки с программным управлением. Для производства массовой продукции были применены роторные автоматические линии. Во взрывоопасных химических производствах получило широкое распространение телемеханическое управление процессами.

Технические средства автоматизации

Технические средства автоматизации (ТСА) - это устройства и приборы, которые могут, как сами являться средствами автоматизации, так и входить в состав программно-аппаратного комплекса. Системы обеспечения безопасности на современном предприятии включают в свой состав технические средства автоматизации.

Наиболее часто ТСА – это базовый элемент системы комплексной безопасности.

Технические средства автоматизации включают в себя приборы для фиксирования, переработки и передачи информации на автоматизированном производстве. С помощью них осуществляется контроль, регулирование и управление автоматизированными линиями производства.

Системы обеспечения безопасности осуществляют контроль над производственным процессом с помощью разнообразных датчиков. В них входят датчики давления, фотодатчики, датчики емкостные, лазерные и т.д

Датчики служат для автоматического извлечения информации, и первичного ее преобразования. Датчики различаются по принципам действия и по чувствительности к параметрам, которые они контролируют. Технические средства безопасности включают в себя самый широкий спектр сенсоров. Именно комплексное использование датчиков позволяет создавать системы комплексной безопасности, которые контролируют множество факторов.

Технические средства информации включают в себя и передающие устройства, которые обеспечивают связь датчиков с контрольным оборудованием. При получении сигнала от датчиков контрольное оборудование приостанавливает процесс производства и ликвидирует причину аварии. В случае невозможности устранения аварийной ситуации технические средства безопасности дают сигнал о неисправности оператору.

Индивидуальные задания

Задание №1. Раскройте содержание понятий.

Автоматизация – это _____

Технические средства автоматизации – это _____

Задание №2. В чем заключается цель автоматизации?

Задание №3. Заполните таблицу.

| Автоматизация | |
|---------------|------------|
| Преимущества | Недостатки |
| | |

Задание №4. Перечислите важнейшие изобретения в области автоматизации в 19-20вв.

Задание №5. Продолжите предложение:

С появлением механических источников электрической энергии - электромашинных генераторов постоянного и переменного тока (динамо-машин, альтернаторов) и электродвигателей оказалась возможной

Задание №6. Заполните таблицу.

В чем заключался принцип работы паровых машин и электропривода?

| Паровая машина | Электропривод |
|----------------|---------------|
| | |

Задание №7. Какие приборы относятся к техническим средствам автоматизации?

Практическая работа №2

Развитие автоматических устройств на железнодорожном транспорте

Цель работы: изучение применяемых на железнодорожном транспорте устройств автоматизации и связи состоящие из: средства автоматики и телемеханики, регулирующие движение поездов на перегонах (электрожелезная система, полуавтоматическая блокировка, автоблокировка); устройства АТ, управляющие стрелками и сигналами на станции (электрическая и механическая централизация стрелок); диспетчерскую централизацию, объединяющую АБ и централизацию стрелок; телефонную, телеграфную и другие виды проводной связи, радиосвязь; пассажирскую автоматику.

История развития автоматизации на железнодорожном транспорте

Первое применение вычислительной техники на железнодорожном транспорте связано с расчетами - инженерными и по эксплуатационной работе. Первые компьютеры, большие, громоздкие, медленнодействующие и дорогие, не были предназначены для интерактивной работы с пользователем и применялись в режиме пакетной обработки. С развитием вычислительной техники появились новые способы организации вычислительного процесса. Стали развиваться интерактивные многотерминальные системы разделения времени, в которых наряду с удаленными соединениями типа "терминал-компьютер" были реализованы и удаленные связи типа "компьютер-компьютер". Появилась возможность перейти к управленческим задачам.

Для оптимизации оперативного, среднесрочного и долгосрочного планирования перевозок грузов приказом МПС № 17Ц от 11.05.71 определяются основные задачи первой очереди автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ МПС). Он предусматривал выделение 19 основных подсистем отрасли по хозяйствам: перевозок, грузовой и коммерческой работы, энергоснабжения и др. В их рамках решались отдельные задачи по созданию программно-технической среды, технологической и информационной базы. Поскольку в то время вычислительные машины были относительно слабыми, отсутствовали качественные каналы для передачи информации, решение каждой задачи вынужденно было быть автономным, далеко не всегда стыкующимся с другими задачами и подсистемами. Это был неизбежный этап, через него надо было пройти, приобрести необходимый опыт.

Постоянное внедрение все более совершенной и мощной вычислительной техники, новых системно-технических решений, прикладного программного обеспечения, а также совершенствование технологии работы пользователей информационных систем привели к тому, что в конце 1970-х-начале 1980-х годов стал появляться новый тип информационных систем - комплексные системы. Вводится понятие "модель" как способ отображения фактической работы объекта, его "жизни". Первой такой моделью стала поездная модель, отражающая формирование, движение и расформирование поездов. Параллельно появляется модель сортировочной станции - основа автоматизированной системы управления работой сортировочной станции. Под руководством инженера Б.Е. Марчука создается первая вычислительная сеть из 15 ИВЦ и первая работающая версия отечественной системы "Экспресс". С развитием программно-технической среды появилась возможность создания поездных и вагонных моделей сетевого уровня. В 1980-х годах началась эксплуатация на сетевом уровне системы автоматизированного диспетчерского центра управления (АДЦУ), информационной основой которой стала автоматизированная система оперативного управления перевозками (АСОУП). Создаются информационные системы: диалоговая информационная система контроля оперативного управления перевозками (ДИСКОР), контроль сменно-суточного планирования перевозок грузов (КССП), анализ погрузки нефтеналивных грузов (АПН), информационно-справочная система внешнеторговых грузов (ИСС ВТГ) и др. Разработан сменно-суточный доклад для руководителей МПС, информация из всех систем используется в прак-

тической работе функциональных служб дорог. Объем перевозок в тот период был наибольшим и значительно превышал сегодняшний уровень.

Настоящая революция в идеологии создания информационных систем произошла с появлением персональных компьютеров. Они послужили идеальными элементами для построения сетей. Стало возможным двигаться вперед более быстрыми темпами. Несмотря на недостаточную мощность первых персональных компьютеров, к концу 1980-х годов на их базе началось создание автоматизированных рабочих мест. Появилась возможность подойти к новому этапу - агрегированию в более мощные комплексы разнородных данных автоматизированных систем ИОДВ, АСОУП и др., работающих на сортировочных и грузовых станциях, контейнерных площадках.

Между тем в МПС происходили структурные изменения. В 1988 г. Главное управление вычислительной техники было реорганизовано и вошло в состав Главного управления сигнализации и связи в качестве Управления вычислительной техники. Был ликвидирован самостоятельный орган, централизующий, объединяющий и координирующий создание информационных систем отрасли. Именно с того времени главки, а затем департаменты и хозяйства МПС стали самостоятельно заключать договоры на разработку, приобретать технику и программное обеспечение, что противоречило идеологии централизации создания информационных систем. Возникло множество организаций-разработчиков, создававших по заказам департаментов независимо эксплуатирующиеся задачи. В результате данные дублировались, порой многократно, возникали параллельные потоки при сборе и передаче информации.

Качественный скачок в развитии системотехнических решений наметился в 1992-1993 гг., когда в ГВЦ вошел в эксплуатацию комплекс из двух двухпроцессорных ЭВМ IBM 4381.T24 общей производительностью 9 MIPS, ставший промежуточным этапом при переходе к более совершенным ЭВМ. В ИВЦ железных дорог в то время устанавливаются и вводятся в эксплуатацию IBM 4381.ГВЦ становится интеллектуальным центром, организующим и направляющим работы по созданию современных программно-технических комплексов, изменению структуры управления вычислительными ресурсами отрасли, разработке новых информационных технологий. Ведущие ученые и специалисты МПС, НИИЖА (ныне ОАО "НИИАС"), ВНИИЖТа, ПКТБ АСУЖТ, МИИТа, ГВЦ и других организаций обсуждали принципы построения информационных систем, разрабатывали концепцию и программу реконструкции программно-технических комплексов ГВЦ и ИВЦ железных дорог на основе международных стандартов.

С 1995 по 2000 г. в отрасли прошла информационно-технологическая реформа. Была осуществлена планомерная замена программно-технических средств, определены принципы новых технологий. Приступили к созданию новых автоматизированных систем и внедрению новых автоматизированных технологий в управление производственной деятельностью на железных дорогах. Все это вместе позволило вывести вычислительную отрасль железнодорожного транспорта на уровень мировых достижений и обеспечить дальнейшее развитие в выбранном направлении.

В феврале 1996 г. завершается разработка и утверждаются "Программа автоматизации железнодорожного транспорта на 1996-2005 гг." Этот документ определил направления, приоритеты, средства автоматизации отрасли. На прикладном уровне предстояло создать комплексы автоматизированных технологий по управлению: перевозочным процессом; маркетингом, экономикой и финансами; инфраструктурой железнодорожного транспорта; персоналом и социальной сферой.

В 1997 г. была принята Программа развития систем телекоммуникаций на железнодорожном транспорте и назначен генеральный конструктор систем информатизации и телекоммуникаций.

Достигнутый уровень информатизации отрасли позволил создать систему фирменного транспортного обслуживания. Начал работать и успешно функционирует Центр фирмен-

ного транспортного обслуживания, который сейчас возглавляет Е.А. Кунаева, в свое время работавшая в руководстве ГВЦ.

К 1998 г. была реализована современная программно-техническая среда, соответствующая мировому уровню. Произошли изменения в структуре управления автоматизацией. ГВЦ становится головным центром по эксплуатации информационных систем, ему в оперативном отношении подчинены ИВЦ железных дорог.

Сегодня АСУ РЖД состоит из более 600 интегрированных автоматизированных систем и клиентских приложений, она представляет собой распределенную информационную систему по направлениям производственной деятельности компании. С помощью информационных систем осуществляется управление перевозочным процессом, сбытом и организацией грузовых и пассажирских перевозок, корпоративной инфраструктурой и подвижным составом, экономикой, бюджетированием, финансами и ресурсами, стратегическим развитием, инвестиционной и информационной деятельностью, информационной безопасностью, унификацией и интеграцией автоматизированных систем.

Функциональная схема АСУЖТ

В основе концепции развития системы лежат представления об АСУЖТ как о комплексной автоматизированной системе, в которой автоматизируются все основные функции управления.

С самого начала своего развития АСУЖТ строится как трехуровневая автоматизированная система в отличие от четырехуровневой организационной структуры управления отраслью.

На первом (нижнем) уровне АСУЖТ функционируют системы АСУ узла, сортировочной (АСУСС) и грузовой (АСУГС) станции, АСУ других линейных предприятий. Именно здесь зарождается основная первичная информация, которая затем обрабатывается в АСУЖТ. Эта информация либо вводится работниками с автоматизированных рабочих мест, либо регистрируется в автоматическом режиме.

На втором уровне АСУЖТ функционирует АСУ дороги. На этом уровне автоматизируются в основном функции дорожных служб. Подсистемы второго уровня используют ЭВМ ИВЦ дорог.

На третьем (верхнем) уровне АСУЖТ автоматизируются функции главных управлений МПС. Здесь же создан автоматизированный диспетчерский центр управления (АДЦУ ИПС), предназначенный для автоматизации диспетчерского руководства по управлению перевозочным процессом и грузовой работе. В центре осуществляется контроль за эксплуатационной ситуацией по сети дорог, а также за передвижением выделенных объектов: экспортных маршрутов, транзитных контейнеров и т. д. Подсистемы третьего уровня используют ЭВМ ГВЦ МПС.

Автоматизированная система оперативного управления перевозками

Одной из составных частей АСУЖТ является автоматизированная система оперативного управления перевозками (АСОУП), которая предназначена для создания и поддержания в реальном времени информационной модели перевозочного процесса, прогнозирования и текущего планирования эксплуатационной работы предприятий дороги.

В 1982 – 1988 гг. осуществлено внедрение первой очереди типовой АСОУП. За этот период времени сразу было достигнуто техническое, информационное и технологические объединение с ранее созданными АСУ на уровне линейных предприятий, отделений, дороги, региона.

АСОУП обеспечивает информацией практически все уровни управления через существующие системы на станциях и других линейных предприятиях, а также путем взаимодействия с системами верхнего уровня. АСОУП смежных железных дорог взаимодействует друг с другом таким образом, чтобы в конечном итоге на сети железных дорог функционировала единая автоматизированная система оперативного управления перевозками.

Основой системы является динамическое моделирование процесса перевозок в ЭВМ на основе машинно-ориентированных сообщений о поездах, вагонах, локомотивах, контейнерах, их характеристиках, а также об эксплуатационных событиях, изменяющих местоположение подвижного состава и его состояние.

Динамическая модель перевозочного процесса, которая лежит в основе базы данных АСОУП, дает возможность решать большой круг задач. Так как в системе имеется полная информация обо всех поездах, обращающихся в пределах дороги, то может быть обеспечен четкий контроль над выполнением технических норм формирования составов: соблюдение полновесности и полносоставности поездов, соответствие действующему плану формирования. Автоматизированный контроль поездной работы позволяет работникам оперативных служб поставить перед ЭВМ и решить ряд возникающих по ходу задач.

Функциональный состав АСОУП ориентирован, прежде всего, на информационное обслуживание оперативных работников станций, отделений железных дорог, оперативно-распределительных отделов служб перевозок, руководящих работников дорог, и включает следующие комплексы:

- учет перехода поездов, вагонов и контейнеров через стыковые пункты дорог и отделений (УПВ);
- контроль за соблюдением плана формирования (КПФ);
- контроль за соблюдением норм массы и длины поездов (КВД);
- прогноз прибытия грузов на станции назначения и грузополучателям (ППГ);
- выдача технологических документов на поезда для работников станций, отделений и управления дороги (ВТД);
- слежение за специализированным подвижным составом (СЛЕЖ);
- оперативный контроль за наличием, состоянием и дислокацией локомотивов грузового движения (ОКДЛ-П);
- оперативный контроль своевременной постановки локомотивов на ТО-2, расчет суточного плана постановки локомотивов на текущие ремонты, ТО-3 и слежение за этими локомотивами (ОКДЛ-Р);
- оперативный пономерный контроль погрузки-выгрузки вагонов, включая распределение порожних вагонов по типам и категориям годности (ОКПВ);
- автоматизированное ведение поездного положения, включая учет поездов, временно оставленных без локомотивов (КПП);
- контроль за работой замкнутых кольцевых маршрутов (УРЗМ);
- контроль за погрузкой и продвижением маршрутов (СЛЕЖ-М).

Комплекс УПВ предназначен для оперативного учета перехода поездов, вагонов и контейнеров через междорожные и межотделенческие стыковые пункты, прогноза подхода поездов и вагонов к стыковым пунктам, решения аналитических задач, связанных с переходом поездов через стыковые пункты.

Учет перехода поездов через стыковые пункты предполагает полное удовлетворение потребностей пунктов учета перехода в документации, связанной с переходом поездов, вагонов и контейнеров между дорогами и отделениями дорог, удовлетворение потребностей всех уровней управления перевозочным процессом в данных по переходу поездов, вагонов и контейнеров через стыковые пункты дорог и отделений. Комплекс включает в себя решение аналитических задач по контролю встречного пробега порожних вагонов одного рода, ритмичности передачи поездов на другие дороги по частям суток и др.

Комплекс КПФ обеспечивает оперативное выявление нарушений плана формирования, допускаемых станциями формирования и прицепки групп вагонов, и накопление данных о нарушениях плана формирования по пунктам приема поездов с других дорог.

Комплекс КВД включает в себя оперативное выявление неполновесности и неполносоставности поездов, формируемых на станциях, являющихся пунктами перелома установленных норм массы и длины поезда, накопление данных о нарушениях этих показателей по станциям формирования и пунктам приема поездов с других дорог.

Комплекс ППГ включает в себя предварительное и точное информирование станций и грузополучателей о подходе вагонов под выгрузку. Предварительное информирование предполагает полную переориентацию бюро информирования грузополучателей на получение данных из дорожного информационно-вычислительного центра. Точное информирование проводится после включения вагона в поезд, который доставит его на станцию выгрузки, или по проследованию этим поездом заданной станции приближения.

Комплекс ВТД предусматривает обеспечение основных потребностей станций, отделений и управлений дороги в технологических (рабочих) документах на отдельные поезда (итоговая часть натурального листа, справка для заполнения маршрута машиниста, справка о поезде для ДНЦ, размеченная ТГНЛ, и т. д.).

Комплекс СЛЕЖ предусматривает пономерное слежение за специальным подвижным составом и выделенными родами грузов, выделение специализированного подвижного состава по заданию, пономерное выделение отдельных единиц подвижного состава.

Комплекс ОКДЛ-П включает ведение информационной локомотивной модели дороги, оперативный контроль наличия локомотивов, их состояния и местонахождения.

Комплекс ОКДЛ-Р предусматривает формирования списка локомотивов-кандидатов на техническое обслуживание (ТО) и текущие ремонты.

Комплекс ОКПВ включает в себя ведение пономерной информационной модели погрузки и выгрузки вагонов станциями дороги, учет грузовой работы станций и отделений дороги с подготовкой суточных оперативных отчетов, оперативный контроль хода грузовой работы.

Комплекс КПП предусматривает подготовку схемы поездного положения и справок о поездном положении на станциях, участках между выделенными станциями, диспетчерских участках, в отделениях дорог, на участках дорожного диспетчера, а также по наличию поездов с учетом заданных параметров, запросов.

Решение комплекса задач УРЗМ обеспечивает контроль за кольцевыми маршрутами, дислокацией на своей и других дорогах маршрутов, приписанных дороге.

Комплекс СЛЕЖ-М предусматривает подготовку данных об отправлении и проследовании отправительских и ступенчатых маршрутов по станциям дороги за отчетные сутки, а при необходимости и за отдельные периоды суток для последующего анализа работниками службы перевозок.

Дальнейшее развитие АСОУП предусматривает сквозное автоматизированное диспетчерское руководство перевозками на всех уровнях управления. Развитие АСОУП предусматривает и совершенствование технической базы на основе внедрения АРМ. С помощью АРМ информация об операциях с поездами, локомотивами, вагонами, локомотивными бригадами и другими объектами управления вводится в сеть.

2.3. Автоматизированные системы управления сортировочными станциями

На сети железных дорог важнейшее значение в обеспечении перевозочного процесса имеет бесперебойная и надежная работа сортировочных станций. Для этого была разработана автоматизированная система управления сортировочными станциями (АСУСС).

Перечень работ, решаемых АСУСС, включает большое количество. К ним относятся: составление и выдача сортировочных листков; учет накопления вагонов на путях сортировочного парка и выдачу накопительной ведомости; составление и выдачу натуральных листов на отправляемые поезда и информирование корреспондирующих станций; анализ вагонопотоков и выявление нарушений плана формирования по прибытию и отправлению; текущее планирование работы станций (АСТП), поездообразования с подвязкой локомотивов и локомотивных бригад; учет наличия всех поездов и вагонов в парках станций, в том числе транзитных без переработки и работы с ними; составление форм станционной отчетности; информационное обслуживание работников станций, отделений и управления дороги, МПС.

АСУСС предоставляет оперативным руководителям станции в удобном виде данные, необходимые для планирования работы, принятия решений и формирования управляющих воздействий. На основе этой информации работники станции более точно и оперативно оп-

ределяют порядок использования технических средств и ресурсов станции, осуществляют планирование очередности станционных операций, работы маневровых локомотивов, выдачи поездных локомотивов. Одновременно система автоматизирует составление технологических документов, определяющих порядок выполнения операций.

Для разъединения рукавов тормозной магистрали вагонникам выдаются данные о расположении вагонов и отцепов в составе. На каждый состав в системе АСУСС готовится сортировочный листок для операторов сортировочной горки и программа роспуска составов для автоматических сортировочных устройств роспуска. Операторы технической конторы получают накопительную ведомость, на основании которой осуществляют сортировку и подбор перевозочных документов.

На отправляемый поезд ЭВМ составляет комплект перевозочных документов, в который входят натурный лист на поезд (НЛ), справка о составе поезда для машиниста.

На ряде станций одновременно с сортировочным листком программа роспуска состава вводится непосредственно в горочное программно-задающее устройство (ГПЗУ) и горочную автоматическую централизацию (ГАЦ); перевод стрелок на горке в этом случае осуществляется автоматически.

АСУСС обеспечивает необходимой информацией технологически связанные подразделения, участвующие в перевозочном процессе. К ним относятся соседние сортировочные и грузовые станции, диспетчерский аппарат отделения и управления дороги, грузополучатели и т. п. Информация от АСУСС поступает либо непосредственно к пользователям, либо в автоматизированные системы более высокого уровня.

Система осуществляет контроль за соблюдением правил формирования полновесных и полносоставных поездов и выдает информацию о вагонах, включенных в состав с нарушением плана формирования поездов.

В основу системы положена информационная модель, отражающая в реальном масштабе времени расположение и перемещение вагонов на сортировочной станции и ее ближайших подходах. Модель включает необходимые данные о каждом вагоне, перевозимом грузе и дополнительные данные, характеризующие условия перевозки. Входная информация поступает в АСУСС как из ИВЦ, так и из сообщений, которые вводятся с автоматизированных рабочих мест на линейных предприятиях (станциях). Основными информационными сообщениями являются сообщения о НЛ поезда и об эксплуатационных событиях, которые происходят с вагонами и поездами на станции.

Система включает подробный форматный и логический контроль вводимой информации и корректировку выявленных ошибок. Этим достигается достаточно высокий уровень достоверности данных в АСУСС. Большинство ошибок выявляется непосредственно перед вводом сообщений. На остальные ошибки система АСУСС после передачи сообщений отвечает корректировочными сообщениями.

После расчета или корректировки плана роспуска состава (с учетом скользящей специализации путей) оператор запрашивает у ЭВМ сортировочные листки для дежурного по горке. Одновременно ЭВМ выдает на рабочие места сортировочные листки: каждому оператору горки; расцепщикам состава, работающим на горбе горки; операторам ПТО по разъединению рукавов тормозной магистрали. Каждый исполнитель получает ту информацию и в таком виде, которая ему необходима при роспуске данного состава.

Маневровый диспетчер осуществляет в необходимых случаях корректировку предварительного сортировочного листка, уточняет формируемый состав (по длине и массе), пользуясь при этом данными динамической модели сортировочного парка, выдаваемыми ЭВМ. Он же планирует очередность роспуска.

В необходимых случаях станционный диспетчер имеет возможность дать ЭВМ задание: рассчитать массу, длину и количество вагонов в накапливаемых составах после расформирования тех или иных разборочных поездов. Откорректированные сортировочные листки также хранятся в памяти ЭВМ.

По результатам выполненных технологических операций система АСУСС анализирует и выдает итоговые данные: количество принятых и расформированных поездов и вагонов, среднее время простоя вагонов в парке прибытия, количество поездов, принятых со всех направлений. Подсчитывается процент расформирования поездов всего и в режиме параллельного отпуска, среднее время расформирования. Кроме сведений об исполненной работе, выдаются сведения о показателях работы сортировочной горки, где указывается продолжительность обработки каждого поезда по прибытию технической конторой, ожидания отпуска состава.

Контрольные вопросы

1. Перечислите этапы развития автоматизации на железнодорожном транспорте?
2. Где используется автоматизация на железнодорожном транспорте?
3. Функции автоматизации на железнодорожном транспорте?
4. Как применяют автоматизированные системы управления сортировочными станциями?
5. Перспективы дальнейшего развития автоматизации на железнодорожном транспорте?

Практическая работа №3

Двигатель как объект автоматического управления

Цель работы: изучение двигателя как объекта автоматического управления.

В окружающем нас мире повсюду протекают различные процессы управления.

В управлении нуждается всё: отдельное транспортное средство, транспорт в целом, какое-либо техническое устройство, совокупность устройств, технологические процессы, цеха, заводы, промышленность, экономика, войска, и так далее.

Суть всякого управления – организация и реализация целенаправленных воздействий на объект управления. Иначе – управление это процесс выработки управляющих воздействий по переводу объекта управления в желаемое состояние.

Управление связано с понятиями:

- 1) объект управления (ОУ);
- 2) цель управления;
- 3) управляющее устройство (УУ), управляющее воздействие.

Объект управления – понимают как объект (процесс) для достижения желаемых результатов функционирования которого, необходимы и допустимы специально организованные воздействия.

Объект управления выделяется из окружающей среды как минимум двумя условиями:

- а) на объект управления можно воздействовать;
- б) это воздействие обеспечивает достижение поставленных целей, т.е. изменение состояния объекта управления (процесса) в нужном направлении.

ОУ реализует процесс необходимый для достижения поставленной цели.

В теории автоматического управления (ТАУ) объект управления рассматривается как преобразователь переменных входа $U(t)$ и $F(t)$ в выходную переменную $Y(t)$ характеризующую состояние ОУ.

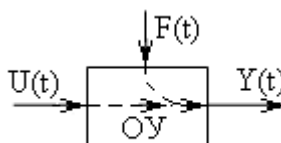


Рисунок 3.1 – Объект управления

Здесь $U(t)$ – управляющее воздействие, обеспечивающее необходимое (желаемое) состояние ОУ, то есть желаемое значение $Y(t)$ характеризующее состояние ОУ (протекающий в ОУ процесс); $F(t)$ – внешнее возмущающее воздействие мешающее нормальному протеканию процесса в ОУ (нарушающее желаемое состояние ОУ и следовательно значения $Y(t)$).

Если выходная величина $Y(t)$ есть простая функциональная зависимость от $U(t)$ и $F(t)$, объект управления называется статическим или безинерционным.

Если объект управления обладает инерционностью, то есть изменение $Y(t)$ происходит с некоторой задержкой по отношению к изменениям $U(t)$ и $F(t)$, в этом случае ОУ называется динамическим и описывается дифференциальными, интегральными или разностными уравнениями.

ОУ называется одномерным, если $Y(t)$ скалярная величина и многомерным, если $Y(t)$, $U(t)$, $F(t)$ – величины векторные. Например: электродвигатель является одномерным объектом управления – управляемая величина скорость вращения или угол поворота вала двигателя. Самолет, подводная лодка и т.д. – являются многомерными ОУ, так как их управляемая величина курс движения определяется векторной величиной.

В общем случае $Y(t) = A\{U(t), F(t)\}$, где A оператор связи.

Различают: технические, технологические, экономические, биологические, социальное, военное и другие объекты и процессы управления.

Например.

Технические объекты - движущиеся объекты, объекты энергетики, печи, теплообменники, двигатели и т.д. Управляемыми (выходными) переменными в технических объектах являются физико-химические параметры, характеризующие состояние и поведение объекта (скорость, температура, давление и т.д.).

Первоначально теория автоматического управления развивалась применительно именно к техническим объектам.

Экономические объекты - цех, завод, отрасль, предприятия торговли и сферы услуг, банки, страховые компании и т.д. Управляемыми величинами экономических объектов является прибыль, минимизация производственных затрат.

Биологические объекты – живые организмы от простейших клеток до сложных организмов. В биологических объектах осуществляется поддержание и регулирование жизненно важных параметров организма таких как, температура организма, частота пульса, давление крови.

Принципы управления

Задача построения САУ при заданном объекте управления, сводится к построению управляющего устройства. Не смотря на различие объектов управления, большое их разнообразие, построение устройств управления, базируются на ряде общих принципов, которые определяют на основании какой информации и как в системе формируются управляющие воздействия. Управление и информация - понятия неразрывно связанные.

Процесс управления охватывает три основные группы действия:

1. сбор информации необходимой для принятия решения о выработке управляющего воздействия;

2. принятие решения о выработке управляющего воздействия;

3. осуществление (реализация) управляющего воздействия.

Управление невозможно без достаточной информации:

1. о цели управления;

2. о возмущении окружающей среды;

3. о свойствах и состоянии объекта управления.

В зависимости от характера и полноты доступной информации реализуют разные принципы управления.

Выбор принципа управления зависит от ряда факторов:

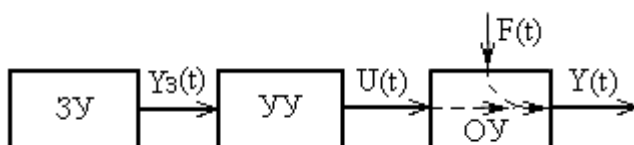
1. назначения системы;

2. характера изменения задающего воздействия;
3. внешних возмущений;
4. требований к системе и т.д.

Различают следующие основные принципы управления.

1. принцип разомкнутого управления;
2. принцип компенсации (управление по возмущению);
3. принцип обратной связи (управление по отклонению);
4. комбинированное управление.

Принцип разомкнутого управления – управляющее воздействие, вырабатывается только на основании задающего воздействия и априорной информации о возмущающих воздействиях, о значении управляемой величины, состоянии объекта управления, т.е. вектор управления, формируются только по вектору задания.



- ОУ – объект управления;
 УУ – управляющее устройство;
 ЗУ - задающее устройство;
 У - управляемая величина;
 F - внешнее возмущающее воздействие;
 U- управляющее воздействие.
 Y_3 – заданное (желаемое) значение управляемой величины.

Рисунок 3.2 – Разомкнутое управление

Схема разомкнута, близость Y к Y_3 определяется только конструкцией и подбором физических закономерностей, действующих в данной системе.

Достоинства: простота реализации.

Недостатки: возможность изменения Y независимо от Y_3 под воздействием возмущающих факторов или из-за изменения параметров системы.

Принцип применим при мало меняющихся внешних воздействиях, параметрах системы и не высоких требованиях к точности управления.

Пример: Система управления напряжением генератора постоянного тока.

Объектом управления (ОУ) является генератор постоянного тока (ГПТ), управляемой величиной – напряжение генератора (U_r), управляющим воздействием, прикладываемым к объекту управления – напряжение возбуждения, определяющее ток возбуждения (I_b).

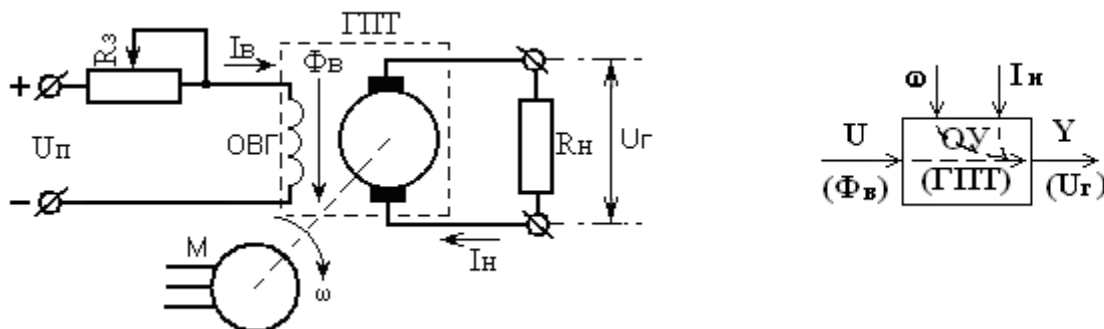


Рисунок 3.3 – Система управления напряжением генератора постоянного тока

Напряжение холостого хода ГПТ (электродвижущая сила – E) определяется выражением: $U_{гхх} = E = K \cdot \omega \cdot \Phi_{в}$, где K – постоянный коэффициент определяемый конструктивными параметрами ГПТ, ω – скорость вращения якоря генератора, $\Phi_{в} = I_{в} \cdot w$ – поток возбуждения, w – число витков обмотки возбуждения (ОВГ), $I_{в}$ – ток возбуждения.

Таким образом, E определяется током возбуждения ($I_{в}$), который можно регулировать с помощью сопротивления задатчика (R_3) и скоростью вращения якоря генератора ω .

Напряжение на выходе генератора равно: $U_{г} = E - I_{н} \cdot R_{я} = K \cdot \omega \cdot \Phi_{в} - I_{н} \cdot R_{я}$, где $R_{я}$ – сопротивление якорной цепи генератора, а $I_{н} \cdot R_{я}$ – падение напряжения в якорной цепи.

Возмущающими факторами в приведенной системе могут быть скорость вращения якоря генератора и ток нагрузки генератора.

При неизменном положении R_3 и постоянной скорости вращения генератора ($\omega = \text{const}$) уменьшение сопротивления нагрузки приводит к увеличению тока нагрузки ($I_{н}$) и, следовательно, к уменьшению выходного напряжения $U_{г}$, то есть регулируемая величина изменяется под воздействием возмущающего фактора при постоянной заданной величине. $U_{г}$ также изменится при изменении скорости вращения якоря генератора (ω).

То есть: $U_{г} = f(\Phi_{в}, I_{н}, \omega)$

Нагрузочная характеристика системы (графическая зависимость регулируемого параметра от нагрузки) показана на рис. 3.4.

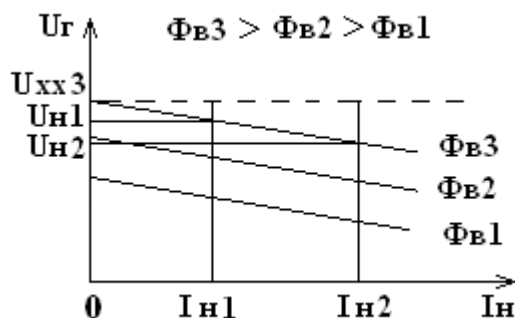
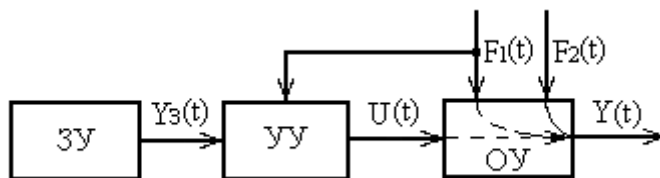


Рисунок 3.4 – Нагрузочная характеристика системы

Из графика видно, что при постоянных $I_{в}$ ($\Phi_{в}$) и ω с увеличением тока нагрузки выходное напряжение генератора уменьшается. При увеличении потока возбуждения ($\Phi_{в}$) нагрузочная характеристика генератора смещается вверх.

Управление по возмущению (принцип компенсации) – управляющее воздействие вырабатывается на основании информации о задающем и контролируемых возмущающих воздействиях, действующих на объект управления.



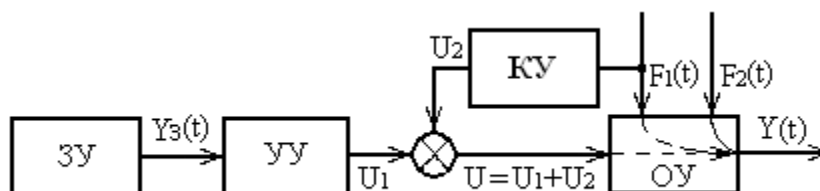
F_1 - контролируемое возмущающее воздействие;

F_2 - неконтролируемое возмущающее воздействие.

U - вырабатывается таким образом, чтобы скомпенсировать вредное влияние контролируемого возмущающего воздействия - F_1 .

Рисунок 3.5 – Управление по возмущению

Иначе, принцип управления по возмущению (принцип компенсации) может быть представлен следующей схемой.



КУ – компенсирующее устройство или регулятор по контролируемому возмущению.
Рисунок 3.5 – Управление по возмущению (второй вариант схемы)

Достоинства:

- 1) система инвариантна, т.е. независима по отношению к контролируемому (измеряемому) возмущающему воздействию.
- 2) система быстродействующая (принцип применим для управления инерционными объектами).

Недостатки: 1) учитывается одно или ограниченное число возмущающих воздействий, на которые настроено компенсирующее устройство (регулятор по возмущению).

2) зависимость управляющего воздействия от возмущающего фактора может быть сложной и поэтому реализуется лишь приближенно.

Пример. Система регулирования напряжения генератора постоянного тока

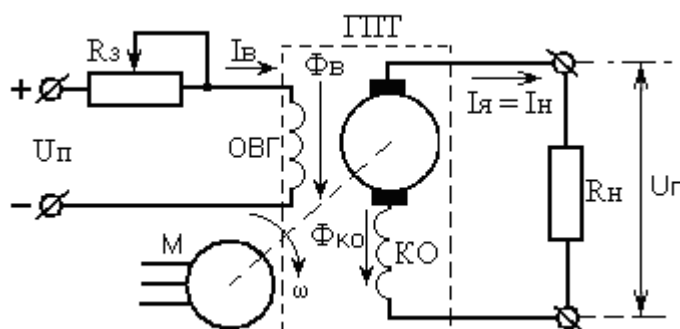


Рисунок 3.6 – Принципиальная схема системы



Рисунок 3.7 – Нагрузочные характеристики системы.

В данную схему, по сравнению с приведенной выше, добавлена компенсирующая обмотка – КО, создающая дополнительный поток возбуждения $\Phi_{КО}$. Выходное напряжение генератора в этом случае определяется выражением:

$$U_{\Gamma} = E - I_{\text{н}} \cdot R_{\text{я}} = K \cdot \omega \cdot (\Phi_{\text{В}} + \Phi_{\text{КО}}) - I_{\text{н}} \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{КО}})$$

При наличии КО увеличение тока нагрузки ($I_{\text{н}}$) приводит к увеличению дополнительного потока возбуждения $\Phi_{\text{КО}}$ и соответственно к увеличению E_{Γ} , что компенсирует уменьшение напряжения U_{Γ} из-за увеличения $I_{\text{н}}$.

На практике осуществить точную компенсацию вредного влияния возмущающего воздействия не удастся. Так на графике видно, что при $I_{\text{н1}}$ имеет место перекомпенсация, а при $I_{\text{н2}}$ недокомпенсация напряжения U_{Γ} .

В рассмотренной схеме нет компенсации изменения выходного напряжения из-за изменения приводной скорости вращения генератора, так как в данном примере возмущения от изменения скорости вращения якоря генератора является неконтролируемыми.

Управление по отклонению (принцип обратной связи) – управляющее воздействие вырабатывается на основе информации об отклонении управляемой величины от заданной без учета причин вызвавших это отклонение.

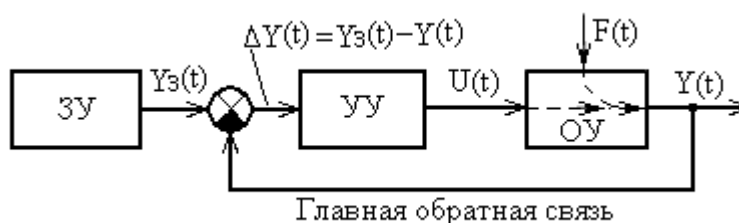


Рисунок 3.7 – Управление по отклонению

Достоинства:

1) система реагирует на сам факт, наличия отклонения ΔY не зависимо от причин вызвавших это отклонение.

2) Следствием этого достоинства является отсутствие жестких требований к стабильности характеристик элементов системы.

Недостатки: принцип не применим для инерционных объектов.

Часто управляющее воздействие вырабатывается не только в функции отклонения (ΔY), но и в функции производных и интегралов этого отклонения.

$$U = F\left(\Delta Y, \Delta Y', \Delta Y'' \dots \int_0^t \Delta Y * dt\right)$$

Управление в функции отклонения называется регулированием, управляющее устройство (УУ) в этом случае называется регулятором, а вся система называется системой автоматического регулирования (САР).

Характерной особенностью данного принципа управления является наличие главной обратной связи необходимой для определения ΔY .

Кроме главной обратной связи в системах могут быть местные обратные связи, которые служат для улучшения динамических характеристик систем.

Пример: Система регулирования (стабилизации) напряжения генератора постоянного тока.

Объектом управления (ОУ) (смотри рисунок выше) является генератор постоянного тока (ГПТ), управляемой величиной – напряжение генератора (U_{Γ}), управляющим воздействием, прикладываемым к объекту управления – напряжение возбуждения, определяющее ток возбуждения ($I_{\text{в}}$).

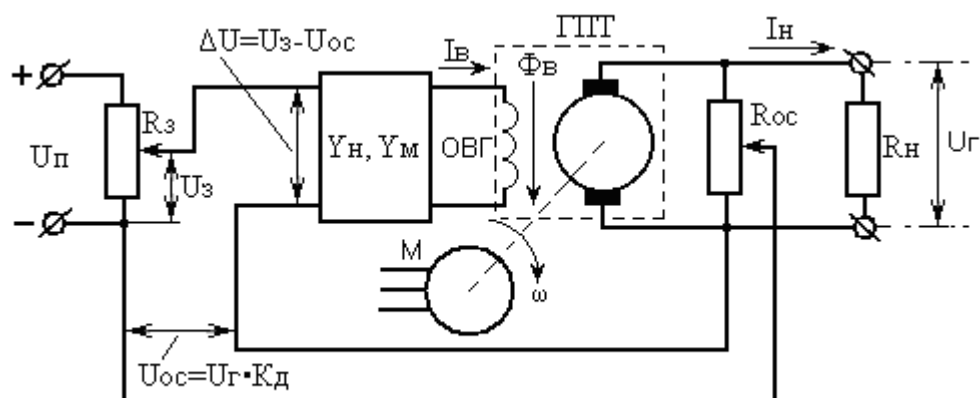


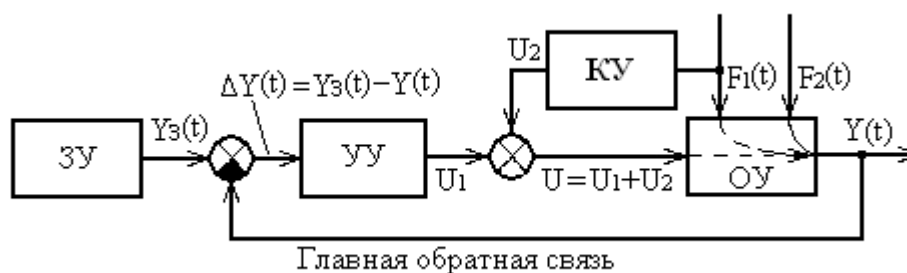
Рисунок 3.8 – Система регулирования (стабилизации) напряжения генератора постоянного тока

На схеме использованы обозначения:

R_3 – сопротивление задатчика;

Y_n, Y_m – усилитель по напряжению и мощности;
 R_{oc} – сопротивления делителя напряжения;
 K_d – коэффициент делителя напряжения;
 ГПТ – генератор постоянного тока;
 M – приводной мотор;
 ω – скорость вращения ГПТ.

Комбинированное управление – сочетает управление по возмущению и отклонению.



КУ- компенсирующее устройство.

Рисунок 3.9 – Комбинированное управление

Данный принцип сочетает достоинства принципов управления по возмущению и отклонению, является наиболее точным и имеет широкое применение на практике.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение объекту управлений?
2. Перечислите условия объекта управления?
3. Если выходная величина $Y(t)$ есть простая функциональная зависимость от $U(t)$ и $F(t)$, объект управления называется?
4. Если объект управления обладает инерционностью, то...?
5. Перечислите объекты управления?
6. Технические объекты управления – это..?
7. Принципы управления объектами?
8. Как осуществляется выбор принципа управления?

Практическая работа №4 Теория регулирования хода машин

Цель работы: получение навыков регулирования хода машин, изучение видов испытаний электрических машин.

Параметры и переменные величины электрической машины. Термины и определения

Чрезвычайно широкая область применения электрических машин потребовала стандартизации основных понятий, характеризующих режимы работы электрической машины, определение параметров или проведение испытаний. Российские стандарты (ГОСТы) содержат более 200 терминов и определений в этой области. Приведем определения терминов, наиболее часто употребляемых в лабораторном практикуме.

Номинальными данными электрических машин называют основные энергетические показатели, параметры и переменные величины, характеризующие ее работу в режиме рабо-

ты, для которого она предназначена заводом изготовителем. К ним относят мощность, напряжение, род, частоту и силу тока, частоту вращения машины, коэффициент полезного действия (КПД), коэффициент мощности, режим работы и ряд других. Номинальные данные указывают на ограничения в использовании электрической машины по условиям термической, электрической и механической прочности.

Термин «номинальный» применяют как к переменным, указанным в табличке паспортных данных, так и к величинам, не приведенным в паспортной табличке, но относящимся к её номинальному режиму. Например, номинальный вращающий момент, номинальное скольжение и др. Кроме номинальных величин в табличке паспортных данных указывается завод-изготовитель, год выпуска электрической машины, класс изоляции и др.

Режим работы электрической машины – установленный порядок чередования и продолжительности нагрузки, холостого хода, отключения, пуска, торможения и реверса (изменения направления вращения), определяющий выделение тепла в машине и её нагрев. Большинство выпускаемых промышленностью электрических машин имеет длительный режим работы S1, при котором допускается сколь угодно длительная их работа с режимными переменными, не превышающими номинальные величины. Классификация выделяет всего восемь режимов работы, обозначаемых знаками S1...S8 (изучаются в курсе электропривода).

С другой стороны, под режимом работы понимают характер преобразования энергии в электрической машине. В этом случае говорят о генераторном, двигательном режиме работы, режиме электромагнитного тормоза, динамического торможения, холостого хода, короткого замыкания.

Номинальная мощность – мощность, для работы с которой в номинальном режиме предназначена электрическая машина. Под номинальной мощностью всегда понимается отдаваемая полезная мощность машины.

Для трансформаторов и генераторов номинальной является отдаваемая электрическая мощность (мощность на выводах вторичной или якорной обмотки). Для электродвигателей номинальной является механическая мощность на валу. Для синхронных генераторов и трансформаторов эта мощность выражается в вольт-амперах [ВА] или киловольт-амперах [кВА], а для генераторов и двигателей постоянного тока и асинхронных двигателей – в ваттах [Вт] или киловаттах [кВт].

Номинальное напряжение и номинальный ток – напряжение и ток машины или трансформатора, на которые они рассчитаны заводом-изготовителем при работе в номинальном режиме. Для трехфазных электрических машин и трансформаторов в паспорте указывается линейное напряжение.

Коэффициент мощности машин переменного тока характеризует отношение активной мощности к её полной электрической мощности.

Нагрузка – мощность, которую развивает электрическая машина в рассматриваемый момент времени, выраженная в единицах выходной мощности или в процентах или долях номинальной мощности. Для автономных генераторов и трансформаторов нагрузку составляют подключенные к ним электроприёмники; для электродвигателя это рабочая или нагрузочная испытательная машина, присоединенная к её валу. Нагрузка может характеризоваться током машины, выраженным в процентах или долях номинального тока. Номинальная нагрузка – нагрузка, равная номинальной мощности машины.

Параметрами электрических машин являются активные и индуктивные сопротивления, собственные и взаимные индуктивности, индуктивности рассеяния и полные индуктивности обмоток, момент инерции. Параметрами являются коэффициенты перед независимыми переменными в уравнениях равновесия напряжения и уравнении движения электрической машины.

Вследствие разнообразия конструкций электрических машин и сложности математического описания электромагнитных и электромеханических процессов в статических и динамических режимах работы, параметров у электрической машины весьма много. Причем часть из них используется для описания и статических, и динамических режимов работы,

как, например, активное сопротивление обмотки. Другая часть характеризует только один из них, как переходное сопротивление по продольной оси синхронной машины. Измерение или опытное определение параметров является важной составной частью испытаний электрической машины и предметом изучения в лабораторном практикуме.

Переменными величинами, характеризующими энергетическое состояние электрической машины, являются токи в обмотках, электрические напряжения на разных элементах её конструкции, ЭДС обмоток, магнитный поток, вращающий момент, частота вращения и другие величины, изменяющие своё значение при изменении условий работы электрической машины.

Часть параметров и переменных величин поддается прямому измерению, другие определяются расчетным путем по результатам испытания электрической машины.

Виды испытаний электрических машин

Как и другие изделия промышленности, электрические машины подвергаются при изготовлении различным испытаниям. Целью промышленных испытаний электрических машин является проверка их пригодности к предназначенной работе и оценка соответствия качества изделия предъявляемым требованиям. Лабораторные испытания проводятся с целью изучения характеристик электрических машин, раскрывающих их свойства, и определения параметров машин.

Виды промышленных испытаний электрических машин регламентируются ГОСТами. Для серийных электрических машин проводят следующие виды испытаний: приемочные, приемо-сдаточные, периодические, типовые, специальные и исследовательские испытания. Каждый вид испытаний проводится по утвержденным программам. Определение основных характеристик машины повторяется в испытаниях разного вида.

Лабораторные исследовательские испытания во многих случаях повторяют промышленные испытания, однако нередко в них включают особые опыты, выходящие за рамки стандартных программ промышленных испытаний и позволяющие установить определенные закономерности взаимного влияния переменных величин машины.

Свойства электрических машин выявляют их характеристики, представляющие в графической или табличной форме закономерности такого взаимного влияния переменных. При проведении испытаний электрических машин, студенту следует анализировать как получаемые характеристики электрических машин, так и методику проведения испытаний.

По технике выполнения испытания электрических машин разделяют на испытания неподвижных машин и испытания вращающихся машин.

По способу приведения электрических машин во вращение различают испытания в режиме генератора или тормоза, когда электрическая машина приводится во вращение каким-либо первичным двигателем, как правило, электрическим, и испытания в режиме двигателя, при которых машина подключается к источнику электроэнергии, отвечающему требованиям данного вида испытания.

В качестве приводного двигателя при испытаниях генератора могут использоваться электродвигатели любого типа, однако наиболее часто используются двигатели постоянного тока и асинхронные короткозамкнутые двигатели. Асинхронные двигатели отличаются низкой стоимостью, простотой управления и высокой стабильностью частоты вращения при проведении испытаний. Простота управления асинхронным двигателем позволяет студенту сосредоточить внимание на работе исследуемого генератора и испытательного оборудования, что очень важно в учебных целях. Двигатели постоянного тока применяют при необходимости регулирования частоты вращения машины при испытании. Номинальные данные приводных двигателей должны соответствовать задачам данного испытания.

В качестве источника электроэнергии при испытании электрической машины в двигательном режиме чаще всего используют специальную электрическую сеть лаборатории, где предусмотрены специальные меры электробезопасности. Для нагружения генератора в опыте могут использоваться различные электроприемники, но обычно эту роль выполняют реоста-

ты с плавным или ступенчатым регулированием сопротивления (регуляторы активной мощности) и электромашинные (индукционные) регуляторы тока (регуляторы реактивной мощности). Номинальные ток и мощность таких регуляторов должны быть согласованы с соответствующими номинальными данными генератора и задачами эксперимента

Способы и устройства нагружения электрических машин

Многие испытания двигателей сопровождаются регулированием его нагрузки (мощности на валу). Этим целям служат так называемые нагрузочные устройства. Для машин малой и средней мощности наиболее часто используются нагрузочные устройства на базе генераторов постоянного тока параллельного или независимого возбуждения. Для микромашин используются специальные нагрузочные тормоза электромагнитного или механического типа.

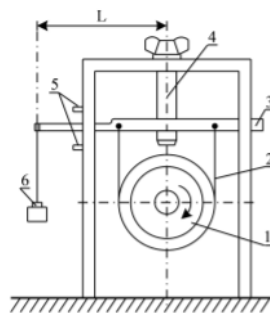
Испытания электрической машины потребуют затрат электроэнергии, которая может поглощаться самой испытываемой машиной или передаваться через нее внешним устройствам. К испытаниям без значительных затрат энергии относятся опыты холостого хода и короткого замыкания генераторов; к энергозатратным испытаниям с отдачей энергии внешним устройствам относятся опыты по определению внешних, регулировочных и рабочих характеристик. Промежуточное положение занимают испытания генераторов переменного тока и трансформаторов при реактивной нагрузке, когда машина нагружается реактивным током, сопоставимым с номинальным током машины, без больших затрат механической и активной электрической мощности.

Испытания с отдачей энергии подразделяют на испытания с безвозвратным поглощением энергии, когда вся отдаваемая машиной энергия поглощается в нагрузочных устройствах – реостатах (для генераторов) или тормозах (для двигателей), и испытания с возвратом энергии, когда потребляемая при испытании энергия за вычетом потерь возвращается источнику энергии (в питающую сеть). Испытания с возвратом энергии требуют применения сложного оборудования, что часто нежелательно в учебных лабораториях, поскольку затрудняет понимание электромагнитных и электромеханических процессов в испытываемой машине. С другой стороны, устройства с возвратом энергии потребляют меньше электроэнергии и потому экономичнее. Важное значение имеет воспитание студентов в духе бережного отношения к энергии.

Нагрузочные устройства без возврата энергии

Наиболее простым способом нагружения генераторов является включение его на нагрузочный резистор с регулируемым или нерегулируемым сопротивлением. Для генераторов переменного тока широко применяются регулируемые индуктивные сопротивления, нагружающие генератор реактивным током.

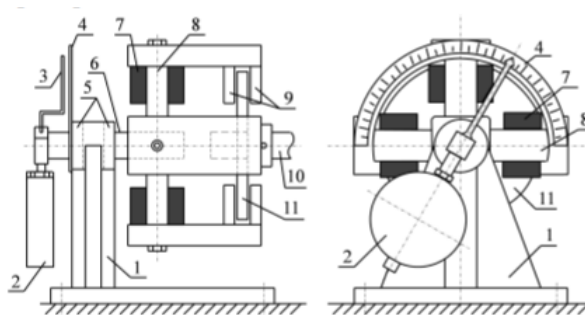
Регулируемую нагрузку двигателей без возврата энергии создают тормозными устройствами различного принципа действия. Для микродвигателей применяют простые колодочные или ленточные (рис. 4.1) тормоза, где регулирование нагрузки производится изменением силы трения с помощью прижимных или натягивающих устройств. Достоинством этих тормозных устройств является простота конструкции, а недостатком - низкая стабильность работы, т.е. сложность поддержания постоянной нагрузки в процессе испытания даже в пределах времени, необходимого для записи показаний измерительных приборов.



1 – полный шкиф; 2 – лента; 3 – рычаг; 4 – винт; 5 – ограничители; 6 – груз

Рисунок 4.1 – Ленточный тормоз

Значительно более удобными в работе являются электромагнитные тормоза (рис. 4.2). Принцип действия их основан на тормозящем действии вихревых токов, наводимых при вращении в магнитном поле электромагнита в металлическом (стальном, медном или алюминиевом) диске, закрепленном на валу испытуемого электродвигателя. Вихревые токи при взаимодействии с магнитным полем электромагнита создают тормозной момент, передаваемый на вал двигателя. Равный ему крутящий момент прикладывается к конструкции электромагнита, благодаря чему последний отклоняется на угол, при котором крутящий момент уравнивается моментом массивного маятника, жестко соединенного с электромагнитом. О величине момента судят по углу отклонения маятника. Регулирование момента на валу испытуемого двигателя производится изменением тока электромагнита. Для измерения начального пускового момента двигателя предусматривается возможность прямого механического (жесткого) соединения валов диска и конструкции электромагнита с маятником.



1 – стойка; 2 – груз; 3 – стрелка; 4 – шкала; 5 – шариковые подшипники; 6 – ось электромагнита; 7 – обмотка электромагнита; 8 – электромагнит; 9 – полюсные наконечники электромагнита; 10 – вал испытуемого двигателя; 11 – металлический диск

Рисунок 4.2 – Электромагнитный тормаз

Для снятия механических характеристик двигателей постоянного тока и асинхронных машин средней мощности в двигательном режиме в качестве нагрузочной машины чаще всего используются генераторы постоянного тока независимого или параллельного возбуждения (рис. 4.3). Номинальная мощность генератора должна быть несколько большей, чем у испытуемого двигателя, поскольку нагружать вал необходимо в большом диапазоне при большом диапазоне изменения частоты вращения. Электромагнитный момент M , развиваемый генератором постоянного тока, пропорционален току якоря I_a и магнитному потоку Φ ($M = kI_a\Phi$). Магнитный поток ненасыщенной машины в первом приближении можно считать зависящим только от тока возбуждения (пренебрегаем влиянием реакции якоря). При этом момент будет прямо пропорциональным току якоря и, регулируя последний реостатом R , можно соответствующим образом регулировать момент генератора. При жестком соединении валов испытуемого двигателя и нагрузочного генератора, согласно закону сохранения энергии, в установившемся режиме имеет место равновесие моментов, при котором момент

двигателя численно равен моменту нагрузочного генератора. Измеряя момент генератора, определяют тем самым величину момента двигателя.

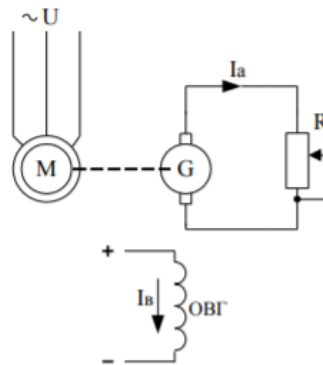


Рисунок 4.3 – Схема нагрузки двигателя или генератора без возврата энергии

Нагрузочные стенды с возвратом энергии

Возврат источнику части энергии, передаваемой через испытываемую машину, позволяет эффективно решить ряд задач, главными из которых являются сокращение затрат электроэнергии на испытание (энергосбережение) и улучшение микроклимат в испытательной лаборатории за счет исключения нагрузочных устройств нагревательного типа.

Принцип действия большинства устройств с возвратом электроэнергии источнику основан на многократном преобразовании энергии из электрической в механическую и обратно, и параллельной работе нагрузочного генератора с источником. Состав и схемы устройств возвратной работы отличаются большим многообразием. Выбор схемы определяется требованиями к регулированию частоты вращения испытываемой машины.

Разновидностью схем возвратной работы являются схемы взаимной нагрузки электрических машин, где одна машина, работая в режиме двигателя, отдает энергию нагрузочному генератору, который, в свою очередь, вырабатываемую электрическую энергию передает указанному двигателю. Приток энергии извне требуется только на покрытие потерь энергии в обеих машинах.

Контрольные вопросы

1. Что такое номинальные данные электрических машин?
2. Что такое режим работы?
3. Что такое номинальное напряжение и номинальный ток?
4. Какие виды испытаний электрических машин Вы знаете?
5. Способы и устройства нагружения электрических машин?

Практическая работа №5 Применение двигателей в АСР

Цель работы: изучение асинхронных двигателей, принцип действия, устройство 3^х-фазных асинхронных двигателей, область применения двигателей.

Асинхронные двигатели

Асинхронные двигатели переменного тока – наиболее распространенные электрические машины – являются основными преобразователями электрической энергии в механическую.

Использование асинхронных двигателей в подавляющем большинстве механизмов объясняется простой конструкцией, надежностью и высоким КПД этих электрических машин.

Открытие асинхронных двигателей относится к 90-м годам позапрошлого столетия. Их создание связано с именами итальянского ученого Г. Феррариса, югославского ученого Н. Тесла и русского ученого М.О. Доливо-Добровольского. В 1889 г. Доливо-Добровольский впервые использовал трехфазный ток для получения вращающегося магнитного поля, применил на статоре распределенную трехфазную обмотку и обмотку ротора в виде беличьей клетки. Он также предложил трехфазную обмотку ротора, выведенную на контактные кольца, и использовал для пуска двигателя реостат, подключаемый к обмотке ротора через контактные кольца.

Более ста лет существовали асинхронные двигатели. В них совершенствовались применяемые материалы, конструкция отдельных узлов, технология изготовления; однако принципиальные конструкторские решения, предложенные Доливо-Добровольским, остались неизменными.

В дальнейшем большое применение получили и однофазные асинхронные двигатели, в основном для электробытовых приборов.

С 1946 года асинхронные двигатели выпускаются едиными сериями. В настоящее время разработаны методики оптимизированного расчета асинхронных двигателей, учитывающих затраты на производство и на эксплуатацию, расчет ведется по минимуму суммарных затрат.

Принцип действия

В асинхронном двигателе одну из обмоток размещают на статоре 1, а вторую – на роторе 3 (рис. 5.1).

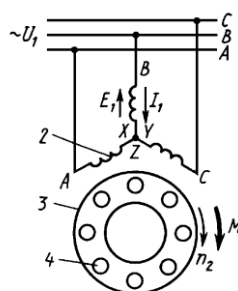


Рисунок 5.1– Устройство асинхронного короткозамкнутого электродвигателя

Между ротором и статором имеется воздушный зазор, который для улучшения магнитной связи между обмотками делают по возможности малым. Обмотка статора 2 представляет собой трехфазную (или в общем случае многофазную) обмотку, катушки которой размещают равномерно по окружности статора. Фазы обмотки статора AX, BY и CZ соединяют по схеме Y или Δ и подключают к сети переменного тока.

Обмотку ротора 4 выполняют трехфазной или многофазной и размещают равномерно вдоль окружности ротора.

Фазы ее в простейшем случае замыкают накоротко.

При питании обмотки статора трехфазным током создается вращающееся магнитное поле, частота вращения которого синхронная.

$$n_1 = 60 f_1 / p \cdot 2p - \text{число полюсов; } p - \text{число пар полюсов.}$$

Если ротор неподвижен или частота его вращения меньше синхронной, то вращающееся магнитное поле пересекает проводники обмотки ротора и индуцирует в них ЭДС. На рис. 5.2, а показано, согласно правилу правой руки, направление ЭДС, индуцированной в

проводниках ротора при вращении магнитного потока Φ по часовой стрелки, при этом проводники ротора не перемещаются относительно потока Φ против часовой стрелки.

Активная составляющая тока ротора совпадает по фазе с индуцированной ЭДС, поэтому условные обозначения (крестики и точки) на рис. 5.2 показывают одновременно и направление активной составляющей тока.

На проводники с током, расположенные в магнитном поле, действуют электромагнитные силы, направление которых определяется правилом левой руки. Суммарное усилие $F_{рез}$, приложенное ко всем проводникам ротора, образует электромагнитный момент M , увлекающий ротор за вращающимся магнитным полем. Если этот момент достаточно велик, то ротор приходит во вращение и его установившаяся частота вращения n_2 соответствует равенству электромагнитного момента тормозному, создаваемому приводимым во вращение механизмом и внутренними силами трения.

Такой режим работы асинхронного двигателя машины является *двигательным* и, очевидно, в данном случае $0 \leq n_2 < n_1$.

Относительную разность частот вращения магнитного поля и ротора называют *скольжением*

$$S = (n_1 - n_2)/n_1. \quad (5.1)$$

Скольжение часто выражается в процентах

$$S = [(n_1 - n_2)/n_1] \cdot 100\%. \quad (5.2)$$

Очевидно, что при двигательном режиме $0 < S < 1$.

Если ротор асинхронного двигателя разогнать с помощью внешнего момента (например, каким-либо двигателем) до частоты, большей частоты вращения магнитного поля n_1 , то изменится направление ЭДС в проводниках ротора и активной составляющей тока ротора, т.е. асинхронный двигатель перейдет в *генераторный режим* (рис. 41, б).

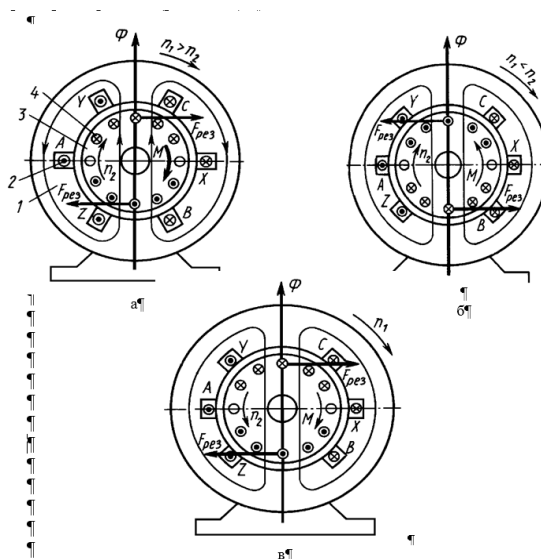


Рисунок 5.2 – Режимы работы асинхронной машины переменного тока

При этом изменит свое направление и электромагнитный момент M , который станет тормозящим. В генераторном режиме асинхронный двигатель получает механическую энергию от первичного двигателя, превращает ее в электромагнитную и отдает в сеть, при этом $S < 0$.

Если изменить направление вращения ротора (или магнитного поля) так, чтобы магнитное поле и ротор вращались в противоположных направлениях (рис. 5.2, в), то ЭДС и активная составляющая тока в проводниках ротора будут направлены так же, как в двигательном режиме, т.е. машина будет получать из сети активную мощность. Однако в данном режиме электромагнитный момент M направлен против вращения ротора, т.е. является тормозящим. Этот режим работы асинхронной машины называют режимом *электромагнитного*

торможения. Так как ротор вращается в обратном направлении (относительно направления магнитного поля), то $n_2 < 0$, а $S > 1$.

Таким образом, характерная особенность асинхронной машины – наличие скольжения, т.е. неравенство частот вращения n_1 и n_2 . Только при указанном условии в проводниках обмотки ротора индуцирует ЭДС и возникает электромагнитный момент. Поэтому машину называют асинхронной (ее ротор вращается не синхронно с полем).

Устройство 3^x– фазных асинхронных двигателей

По конструкции асинхронные двигатели подразделяются на два основных типа: с короткозамкнутым ротором и с фазным ротором. Рассматриваемые двигатели имеют одинаковую конструкцию статора и отличаются лишь выполнением обмотки ротора.

Двигатели с короткозамкнутым ротором

На статоре расположена 3^x-фазная обмотка, которая при подключении к сети 3^x-фазного тока создает вращающееся магнитное поле. Обмотка ротора выполнена в виде «беличьей клетки», является короткозамкнутой и никаких выводов не имеет.

«Беличья клетка» состоит из медных или алюминиевых стержней, замкнутых накоротко с торцов двумя кольцами.

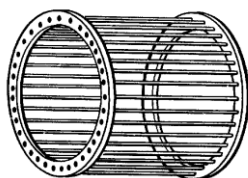


Рис. 5.3 – «Беличья клетка»

Стержни этой обмотки вставлены в пазы сердечника ротора без какой-либо изоляции. «Беличью клетку» обычно получают путем заливки расплавленного алюминиевого сплава в пазы сердечника ротора, вместе отливаются и к.з. кольца (для двигателей малой и средней мощности).

В двигателях большей мощности «беличью клетку» выполняют из медных стержней, концы которых варивают в к.з. кольца.

В электрическом отношении «беличья клетка» представляет собой многофазную обмотку, соединенную по схеме Y и замкнутую накоротко.

Двигатели с фазным ротором

Обмотка статора выполнена так же, как и в двигателях с короткозамкнутым ротором. Ротор имеет трехфазную обмотку с тем же числом полюсов. Обмотку ротора обычно соединяют по схеме Y, три конца которой выводят к трем контактными кольцам, вращающимся вместе с валом машины.

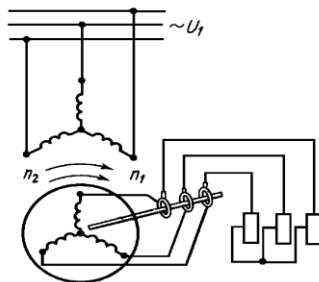


Рисунок 5.4 – Схема включения асинхронного двигателя с фазным ротором

С помощью металлографических щеток, скользящих по контактным кольцам, ротор включают пусковой или пускорегулирующий реостат, т.е. в каждую фазу ротора вводят добавочное активное сопротивление.

Области применения двигателей различных типов

По конструкции двигатели с короткозамкнутым ротором проще двигателей с фазным ротором и более надежны в эксплуатации. Основные недостатки этих двигателей – сравнительно небольшой пусковой момент и значительный пусковой ток.

Поэтому их применяют в тех электрических приводах, где не требуются большие пусковые моменты (электроприводы металлообрабатывающих станков, вентиляторов и пр.).

В двигателях с фазным ротором имеется возможность с помощью пускового реостата увеличивать пусковой момент до максимального значения и уменьшать пусковой ток. Следовательно, такие двигатели можно применять для привода при большой нагрузке (электроприводы грузоподъемных машин).

Контрольные вопросы

1. Асинхронные двигатели переменного тока – это?
1. Принцип действия в асинхронном двигателе?
2. Устройство 3^x– фазных асинхронных двигателей?
3. Двигатели с короткозамкнутым ротором?
4. Двигатели с фазным ротором?
5. Области применения двигателей различных типов?

Практическая работа № 6 Самонастраивающиеся системы и механизмы

Цель работы: познакомиться с самонастраивающимися системами и механизмами, а так же с классификацией систем управления (СУ).

Существуют различные критерии для классификации СУ технологическими процессами, объектами и производствами:

- 1) по уровню автоматизации выполняемых функций;
- 2) по методу управления;
- 3) по иерархическому принципу;
- 4) по функциональному признаку;
- 5) по информационным признакам.

1) По уровню автоматизации

Одной из основных задач, решаемых при проектировании СУ, является задача оптимального распределения функций между человеком и техникой. Системы, в которых управление объектом или ходом технологического процесса осуществляются без участия человека, называются автоматическими. Однако когда не известны точные законы управления, человек вынужден брать управление (определение управляющих сигналов) на себя. Такие системы называются автоматизированными. Т.е. часть функций по управлению выполняет человек, а часть — соответствующие механизмы и устройства. Если управление полностью выполняется человеком, такое управление называется ручным.

По уровню автоматизации СУ подразделяются на следующие виды.

а) **Системы неавтоматического (ручного) управления** - такие СУ, в которых все функции контроля и управления выполняют люди (без ЭВМ и средств диспетчеризации). В процессе подготовки к управлению технологическим оборудованием технолог разрабатывает последовательность выполнения операций, определяет их параметры и характеристики, про-

должительность операций и записывает в технологической карте. По существу технология является алгоритмом управления. Оператор вручную управляет технологическим оборудованием в соответствии с разработанной технологией. Т.е. он посредством сигналов образует цепь управления технологическим оборудованием. Фактическое выполнение команд управления фиксирует оператор, образуя тем самым цепь обратной связи.

На рис 6.1. представлена схема неавтоматического управления объектом (технологическим оборудованием), осуществляемого оператором.



Рисунок 6.1 – Неавтоматическое (ручное) управление

При ручном управлении для выполнения каждой вновь возникающей операции требуется привлекать новых рабочих, затрачивать значительное время на освоение новой продукции.

б) **Автоматические системы управления** — СУ, в которых применяются средства автоматизации и вычислительной техники (ВТ), подготавливающие поступившую информацию к виду, удобному для принятия оператором необходимого решения. В системах с автоматическим управлением оператор не участвует в технологическом процессе. Состояние технологического оборудования характеризуется рядом выходных величин. Под влиянием управляющей программы и внешних возмущающих воздействий изменяется состояние объекта управления, возникает рассогласование. Для ликвидации рассогласования вырабатывается управляющее воздействие, поступающее от системы управления.

Системы автоматического управления могут быть построены как по разомкнутому, так и по замкнутому контурам. В первом случае управляющее устройство связано с технологическим оборудованием одним каналом связи. Команды управляющей программы через устройство ввода (УВ) поступают в блок управления приводом (БУП), который воздействует на технологическое оборудование. При этом поток информации движется только в одном направлении. Примером могут служить системы управления технологическим оборудованием с шаговым приводом подач.

Наибольшее распространение получили системы автоматического управления, построенные по замкнутому контуру, т.е. имеющие канал передачи сигналов управления и канал обратной связи (рис. 6.2).

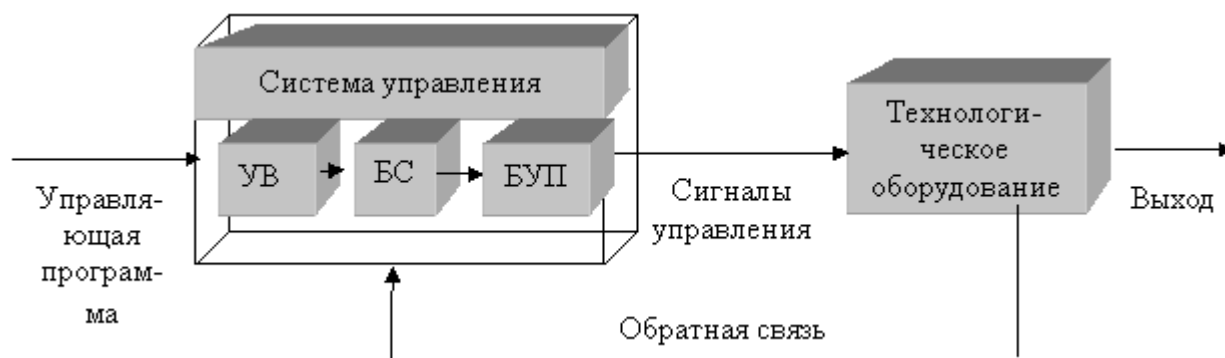


Рисунок 6.2 – Автоматическое управление

Канал обратной связи несет информацию о состоянии контролируемой величины в данный момент времени в блок сравнения (БС). В том случае, если состояние контролируе-

мой величины не соответствует требуемому значению (возникает рассогласование), формируется управляющее воздействие в блок управления приводом. Производится необходимая корректировка. Объектом контроля может быть состояние технологического оборудования, положения режущего инструмента, размеры обрабатываемой детали и т.п.

2) По методу управления

По методу управления СУ подразделяются на два больших класса:

а) **Обыкновенные (несамонастраивающиеся) СУ.** Эти системы относятся к разряду простых, не изменяющих свою структуру в процессе управления. Они наиболее разработаны и широко применяются в литейных и термических цехах. Обыкновенные СУ подразделяются на три подкласса: разомкнутые, замкнутые и комбинированные системы управления.

б) **Самонастраивающиеся (адаптивные) СУ.** В этих системах при изменении внешних условий или характеристик объекта регулирования происходит автоматическое (заранее не заданное) изменение параметров управляющего устройства за счет изменения структуры СУ или даже введения новых элементов.

В самонастраивающихся системах, при изменении внешних условий или характеристик объекта управления, происходит автоматическое (по заранее не заданной программе) изменение параметров управляющего устройства или структуры ее элементов. Таким образом, обеспечиваются устойчивая работа системы и поддержание регулируемой величины на заданном оптимальном уровне.

Адаптивные системы должны не только приспосабливаться ко всем изменениям внешних условий и характеристик объекта, но и функционировать нормально даже при наличии неполадок или отказов отдельных элементов, создавая новые цепи взамен нарушенных. Системы с самонастройкой структуры можно заставить самосовершенствоваться, «приобретать опыт» путем быстрого опробования нескольких вариантов, отбора и «запоминания» лучшего из них.

3) По иерархическому принципу

В зависимости от числа иерархических уровней и разделения функций управления по этим уровням, СУ принято подразделять на одноуровневые и многоуровневые.

Системы управления, имеющие только один уровень управления, получили название **одноуровневых**. Примером таких систем может служить копировальная система управления. Профиль копира определяет движение исполнительного органа.

Многоуровневые системы имеют несколько уровней управления, каждый из которых выполняет конкретные функции.

4) **По функциональному признаку** все системы управления подразделяются на четыре класса:

- а) системы для координации работы механизмов;
- б) системы регулирования параметров технологических процессов;
- в) системы автоматического контроля;
- г) системы автоматической защиты и блокировки.

Системы, предназначенные для координации отдельных механизмов и узлов оборудования или оборудования в целом, являются системами автоматического управления (САУ). САУ обеспечивают автоматическое управление объектом (группой объектов).

Замкнутые САУ, работающие по принципу отклонения, называются **системами автоматического регулирования (САР)**. Их отличительной чертой является наличие замкнутого контура прохождения сигналов, т.е. наличие канала обратной связи, по которому передается информация о состоянии регулируемой величины на вход элемента сравнения.

Системы автоматического регулирования (САР) технологических процессов обеспечивают поддержание регулируемой величины (подачи, частоты вращения шпинделя, шероховатости обрабатываемой поверхности и т.п.) на заданном уровне или изменение ее по заданной программе.

САР предназначены для решения следующих задач:

- стабилизации регулируемой величины (стабилизирующая САР);

- изменения регулируемой величины по известной программе (программная САР);
- изменения регулируемой величины по неизвестной программе (следящая САР).

Системы автоматического контроля (САК) содержат методы и средства для получения информации о текущих значениях параметров технологических процессов (температуре в зоне резания, значениях крутящих моментов, уровне вибрации технологической системы и т.п.) без непосредственного участия человека.

Системы автоматической защиты (САЗ) и блокировки (САБ) предотвращают возникновение аварийных ситуаций в работе оборудования при установившемся режиме. Кроме того, применение этих систем позволяет исключить возможность непреднамеренного (или намеренного) изменение параметров технологического процесса.

5) По информационным признакам

Удобнее всего классифицировать СУ по информационным признакам, включающим источники и носители информации, вид и методы переработки ее.

Количество информации, их структура в определенной степени определяют качество работы СУ. Чем больше используется каналов информации, тем качество работы СУ выше, шире ее функциональные возможности.

В зависимости от количества каналов информации системы управления подразделяются на следующие виды.

а) **Разомкнутые СУ**, в которых используется только один канал информации, несущий в себе задающую (исходную) информацию. В таких системах управления отсутствуют контроль о выполнении заданной программы и обратная связь. Чаще всего по разомкнутому циклу работают СУ с нерегулируемыми приводами, (исключение составляют шаговые СУ). В разомкнутой системе используется один поток информации. Задающая информация перерабатывается в удобную форму для управления приводом, выполняющим тот или иной элементарный цикл технологического процесса. На технологический процесс действуют также возмущения, информация о которых не используется в разомкнутой системе управления. Такую структуру имеют СУ с шаговыми исполнительными механизмами и СУ, работающие от кулачков и упоров. Использование только одного канала информации значительно упрощает конструкции СУ. Однако нормальное функционирование такой СУ требует высокого качества изготовления отдельных ее элементов.

На рис. 6.3 представлена блок-схема разомкнутой СУ – для таких систем характерно отсутствие контроля о ходе технологического процесса, а, следовательно, возможности влиять на качество выходных параметров. Такие системы управления получили название – жесткие (непереналаживаемые).

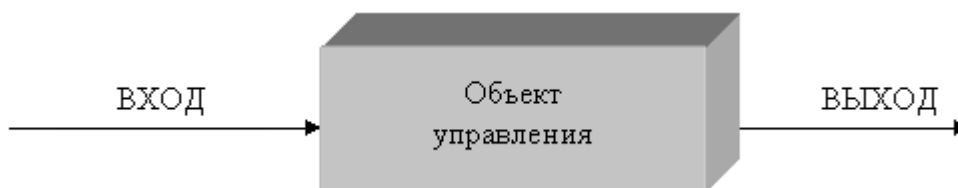


Рисунок 6.3 – Блок-схема разомкнутой системы управления

б) Обширный класс составляют **замкнутые СУ**, в которых для снижения технологических требований к отдельным элементам и повышения качества работы СУ применяют обратную связь. В этом случае используется не один канал, а два: канал задающей информации и канал обратной связи. Для контроля правильности исполнения команд, задаваемых задающим устройством, применяются специальные датчики (датчики обратной связи). Информация обратной связи может содержать сведения о фактической скорости перемещения рабочего органа, его положении, об окончании цикла или отдельных его элементов и другие сведения о протекании технологического процесса. Системы управления, работающие на основе совместного использования задающей информации и информации обратной связи, называются замкнутыми СУ. Сопоставление задающей информации с информацией обратной

связи осуществляется в сравнивающем устройстве, на выходе которого вырабатывается команда, необходимая для управления приводом. Качество работы замкнутой СУ, в частности точность отработки заданной программы, выше, чем в разомкнутой при некотором усложнении ее конструкции. В замкнутых СУ обычно используются управляемые приводы. Структуры с замкнутой схемой управления имеют большинство систем программного управления и копируемые СУ.

На рис. 6.4 представлена блок-схема СУ, имеющей замкнутый контур.



Рисунок 6.4 – Блок-схема замкнутой системы управления

Для таких систем характерен контроль за ходом технологического процесса, состоянием объекта управления, всех его блоков и узлов. В том случае, если значение действительного параметра отклоняется от его заданного значения, происходит поднастройка системы.

Чем больше каналов информации используется в системе управления, тем выше качество ее работы, тем эффективнее процесс управления. Для получения оптимального управления течением технологического процесса необходимо использовать два и более каналов дополнительной информации. Дополнительной информацией может быть информация о величине силы резания, об изменении припуска, о твердости материала заготовки, об износе инструмента и др. Системы управления, использующие два и более каналов дополнительной информации и имеющие устройство для коррекции управляющего сигнала, можно отнести к классу приспособляющихся СУ — самонастраивающиеся, самоорганизующиеся и самообучающиеся системы.

Самонастраивающиеся системы имеют постоянную структуру, а в процессе работы изменяются лишь управляющие воздействия или параметры (коэффициенты передаточных функций).

В **самоорганизующихся** системах во время работы изменяются не только управляющие воздействия и параметры, но и структура СУ.

Самообучающиеся системы характеризуются изменением в процессе работы алгоритма, по которому они построены.

Приспособляющиеся СУ еще не реализованы для управления технологическим оборудованием (за небольшим исключением самонастраивающихся СУ), применяемым в системах с программным управлением, поэтому они рассматриваться не будут. Вся информация, как задающая, так и от обратной связи, может быть выражена либо в виде аналога (уровня напряжения, величины силы тока и др.), либо последовательностью импульсов. В зависимости от вида информации, которая используется системами, последние делят на непрерывные, импульсные и смешанные СУ.

В **непрерывных СУ** информация представлена в виде непрерывной величины. Так, регулируемая величина (например, скорость перемещения или величина перемещения рабочего органа) выражается амплитудой или сдвигом фазы напряжения. Всякое изменение регулируемой величины в замкнутой схеме вызывает также непрерывное изменение других, связанных с ней параметров.

В **импульсных СУ** информация выражена последовательностью импульсов. Различают три вида импульсной информации с модулированием: *по амплитуде* (амплитудно-

импульсная модуляция АИМ), по длительности (ширине) импульсов (широотно-импульсная модуляция ШИМ) и по частоте (частотно-импульсная модуляция ЧИМ).

Контрольные вопросы

1. Какие СУ по уровню автоматизации выполняемых функций Вы знаете?
2. Какие СУ по методу управления Вы знаете?
3. Какие СУ по иерархическому принципу Вы знаете?
4. Какие СУ по функциональному признаку Вы знаете?
5. Какие СУ по информационным признакам Вы знаете?
6. Начертите блок-схему замкнутой системы управления.
7. Начертите блок-схему разомкнутой системы управления.
8. Начертите схему автоматического управления.

Практическая работа № 7

Применение автоматизации на производстве

Цель работы: научиться производить декомпозицию контекстной диаграммы; освоить правила построения дуг и тоннелирования стрелок.

Автоматизация технологических процессов и производств – минимизация участия персонала в выполнении процесса, контроле выполнения, а также в управлении им. Человек только принимает ответственные решения. Автоматизация технологического производства производится с использованием различных передовых методик, технических и программных средств для организации процессов в форме единой системы, все функции которой взаимосвязаны.

Виды автоматизации

Существуют различные виды автоматизации технологических процессов, каждое предприятие выбирает оптимальные методы, средства и параметры автоматизации с учетом специфики своей деятельности.

В общем случае автоматизация технологического производства бывает:

– по степени автоматизации:

частичная — автоматизируется выполнение отдельных операций. Используется в случае, когда человек не может управлять процессом из-за особенностей его характеристик, например высокой скорости. Такая автоматизация технологического производства часто применяется, например, в пищевой промышленности;

полная — автоматизируется контроль процесса и управление им, участие оператора не требуется. Такая автоматизация применяется, например, на предприятиях атомной энергетики;

– по составным частям автоматизации:

первичная — автоматизируются процессы, выполняемые только вручную;

вторичная — автоматизируются процессы, выполняемые с участием оператора.

Итоговая автоматизация технологического производства разделяется на:

единичную — одна первичная составная часть процесса или системы, в том числе управления, автоматизируется в любой степени;

частичную — автоматизируются не все первичные части;

комплексную — несколько первичных составных частей процесса или системы, в том числе управления, автоматизируются в любой степени. Общий контроль осуществляет человек. В результате цех, участок или предприятие, прошедшие автоматизацию, функционируют в едином комплексе. Такая автоматизация применяется, например, на электростанциях;

полную — автоматизируются все первичные составные части. Управление и контроль осуществляют специальные системы без участия человека.

Автоматизация технологических процессов и производств на практике

Предприятие, производство которого было успешно автоматизировано, имеет значительные конкурентные преимущества в сравнении с теми предприятиями, автоматизация технологического производства которых не была проведена или является недостаточной.

Основные выгоды автоматизации:

- снижение издержек и себестоимости выпускаемой продукции;
- повышение безопасности процессов и производства в целом;
- экономия материалов и энергии;
- более точное и целостное управление процессом производства;
- сокращение трудовых затрат и оптимизация персонала;
- внедрение безлюдных технологий, возможность длительной непрерывной работы;
- повышение качества и надежности продукции;
- оптимизация ритмичности производства;
- улучшение стабильности процесса;
- эргономика рабочего места;
- повышение производительности оборудования, увеличение его ресурса;
- улучшение условий производства;
- повышение эффективности процессов и производства в целом;
- предупреждение опасных ситуаций;
- улучшение быстродействия;
- возможность автоматического управления процессом;
- сокращение количества необходимой документации;
- исключение человеческого фактора;
- снижение простоя и оптимизация режимов работы оборудования.

Внедрение автоматизации на промышленном производстве

Автоматизация как отдельных технологических процессов, так и производств дает возможность создать базу для внедрения автоматизированных систем управления производством или предприятием.

В общем случае внедрение автоматизации состоит из следующих этапов:

- анализ потребностей предприятия,
- разработка проекта и документации,
- подбор и доставка технических средств,
- обновление имеющегося оборудования, если необходимо,
- пуско-наладочные работы,
- настройка и доработка программного обеспечения,
- обучение персонала,
- гарантийное обслуживание.

Автоматизация в машиностроении применяется главным образом в крупносерийном и массовом производстве. Она получила большое распространение в автомобильной и тракторной промышленности, в производстве сельскохозяйственных машин, электромоторов, подшипников, швейных машин, холодильников и т. д. В этих производствах имеется большое число автоматических линий и установок, выполняющих цикл операций одного технологического характера (изготовление шестерен, валиков и т. д. деталей, сборка отдельных комплектов и узлов), комплексно автоматизированы цехи и целые заводы.

Поскольку в автоматизированном производстве труд рабочего сводится к наблюдению за работой машин, число несчастных случаев, связанных с непосредственной работой оборудования, чрезвычайно мало. Несчастные случаи в автоматических цехах происходят,

как правило, при наладке, ремонте и монтаже оборудования, а также вследствие нерациональной расстановки оборудования и организации рабочих мест. Таким образом, чем более механизирован и автоматизирован труд, тем меньше вероятность появления травматизма. Механизация и автоматизация призваны не только обеспечить дальнейший рост производительности общественного труда, но и устранить в социалистическом хозяйстве тяжелые и вредные для здоровья условия труда.

Механизация и автоматизация должны быть характерны не только для крупносерийного и массового производства. Эти мероприятия необходимо проводить в производствах с небольшой номенклатурой изделий, т. е. в единичном и мелкосерийном производстве. В настоящее время широко применяют автоматические линии, которые обладают большой гибкостью и позволяют использовать их для обработки деталей, отличающихся формой и размерами. Возможность быстрой переналадки таких линий значительно расширяет область их применения.

Основное направление повышения производительности и безопасности труда в машиностроении при единичном и мелкосерийном производстве заключается в более широком применении станков с программным управлением. В этих видах производства рабочий большую часть времени занят чтением чертежа и выбором наилучшего способа обработки, особенно при точных и сложных работах. Принцип программного управления освобождает рабочего от этих операций, и выбор наилучшего режима работы станка производится до начала производственного процесса. Вся информация о форме и размерах детали, о способе обработки и последовательности операций сообщается не в виде чертежа рабочему, а передается с помощью перфорированной или магнитной ленты, карты и т. п. непосредственно в станок.

Программное управление широко применяется для нормализованных рабочих головок (узлов) в агрегатных переналаживаемых станках и даже для автоматизации обычных универсальных станков широкого профиля. При работе на станках с программным управлением рабочий производит установку и закрепление заготовки, осуществляет пуск станка и снимает обработанную деталь. Ему нет надобности находиться в опасной зоне станка. Установка, закрепление и снятие детали со станка производится при выключенных рабочих головках, которые отводятся на безопасное расстояние.

В последние годы быстро распространяется новый вид оборудования для металлообработки - это станки и комплексы станков с программным управлением и автоматической сменой режущего инструмента, так называемые «обрабатывающие центры» и «машинные комплексы». Отличительными особенностями «обрабатывающих центров» являются автоматическая смена режущего инструмента и возможность выполнения в автоматическом цикле токарных, сверлильных, фрезерных и резьбонарезных операций в любом доступном для подвода режущего инструмента месте обрабатываемой детали. Эти станки имеют два и более столов, позволяющих совместить машинное время с вспомогательным временем, что дает возможность рабочему производить установку заготовки и снятие обработанной детали вне опасной зоны.

«Машинные комплексы» представляют собой соединение нескольких «обрабатывающих центров» в единую систему машин с помощью автоматических подъемно-транспортных устройств, работающих по соответствующим программам. Объем ручных операций при этом сводится к минимуму.

В общем комплексе задач по автоматизации технологических процессов большое значение имеют операции загрузки, закрепления и снятия деталей. Даже «машинные комплексы» не освобождают рабочего от тяжелого и изнурительного труда, связанного с разгрузочно-установочными операциями. Механизация загрузки и разгрузки превращает обычное неавтоматическое оборудование в автоматизированное и значительно сокращает долю ручного труда. Такие машины могут использоваться как самостоятельно, так и легко встраиваться в автоматические линии. Обычно механизмы загрузки и выгрузки сочетаются с зажимными

приспособлениями машины, поэтому рабочий не входит в непосредственный контакт с опасной зоной.

При измерении деталей вручную в процессе обработки неизбежно попадание рук рабочего в опасную зону машины. Ручные операции контроля всегда являются причинами травм. Безопасность работы достигается устранением ручных операций контроля, заменой ручного контроля различными устройствами. Для непрерывного измерения параметров обрабатываемых деталей применяются автоматические и полуавтоматические устройства.

Полуавтоматические устройства при достижении деталью требуемых размеров автоматически подают сигналы (световой или показание шкалы) и рабочему необходимо только остановить станок. Автоматические устройства в отличие от полуавтоматических включают (или переключают) рабочие движения машины при достижении требуемых размеров детали.

Таким образом, при выборе технологического процесса необходимо руководствоваться тем, чтобы освободить рабочего не только от излишней физической нагрузки, но и от нервного напряжения, связанного с возможной опасностью работы на станке. Все это в первую очередь достигается автоматизацией и механизацией ручных операций. Если конструктор или технолог в результате предусмотренной автоматизации отдельных движений сумеет высвободить из технологического процесса ручной труд, то тем самым он значительно уменьшит вероятность возникновения травматизма.

Классификация систем автоматического управления

Все системы автоматического управления и регулирования делятся по различным признакам на следующие основные классы.

1 По основным видам уравнений динамики процессов управления:

- а) линейные системы;
- б) нелинейные системы.

2 В зависимости от коэффициентов уравнений и вида уравнений как линейные, так и нелинейные системы подразделяются на:

- а) системы, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами;
- б) системы, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами;
- в) системы, описываемые уравнениями в частных производных;
- г) системы с запаздыванием, описываемые уравнениями с запаздывающим аргументом.

3 По характеру представления сигналов различают:

- а) непрерывные системы;
- б) дискретные системы, среди которых выделяют импульсные, релейные, цифровые.

4 По характеру процессов управления:

- а) детерминированные системы – системы с определенными переменными и процессами;
- б) стохастические системы – системы со случайными переменными и процессами.

5 По характеру функционирования.

В зависимости от того, по какому закону изменяется заданное значение регулируемой величины, системы автоматического управления подразделяются на:

- а) системы стабилизации, поддерживающие постоянство регулируемой величины, т.е. $u_{зад}(t) = const$;
- б) системы программного регулирования, в которых заданное значение регулируемой величины изменяется по определенной заранее временной программе;
- в) следящие системы, в которых заданное значение регулируемой величины изменяется в соответствии с состоянием некоторого заданного вектора переменных во времени;
- г) системы оптимального управления, в которых показатель эффективности зависит не только от текущих значений координат, как в экстремальном регулировании, но также от

характера их изменения в прошлом, настоящем и будущем, и выражается некоторым функционалом. Нахождение оптимального управления предполагает решение достаточно сложной математической задачи соответствующими методами, кроме того органической составной частью системы является компьютер;

д) адаптивные системы, в которых автоматически изменяются значения $u_{\text{зад}}$, собственные параметры или структура при непредвиденных изменениях внешних условий на основании анализа состояния или поведения системы так, чтобы сохранялось заданное качество ее работы. Системы с изменением заданного значения регулируемой величины называют экстремальными, с изменением параметров – самонастраивающимися, с изменением структуры – самоорганизующимися.

Контрольные вопросы

1. Описать автоматическое управление бойлерной.
2. Описать автоматизированную систему учета и управления электроэнергией.
3. Описать автоматизированную систему управления вентиляцией.
4. Описать автоматизированную систему управления вертикальной печью закалилки стекла.
5. Описать частотные преобразователи и устройства плавного пуска для управления асинхронными двигателями.
6. Описать автоматизацию инфракрасной сушки.
7. Описать систему мониторинга компрессорного оборудования.
8. Описать АСУ ТП бетоносмесительного узла.
9. Описать АСУ ТП производства комбикормов, премиксов и пищевых продуктов.
10. Описать автоматизированную систему управления наружным и внешним освещением.

Практическая работа № 8 Автоматические устройства связи

Цель работы: освоить принципы автоматических устройств связи.

Системы автоматических устройств и их назначение

Системы автоматических устройств выполняют функцию управления, регулирования, контроля и защиты как технологических процессов, так и машин, оборудования и системы в целом.

Развитие техники в строительном производстве идет по пути максимальной механизации и автоматизации производственных процессов. Образцами широкой автоматизации технологических процессов в строительном производстве являются автоматизированные заводы по производству бетона, железобетонных конструкций и др.

Элементы автоматических устройств, применяемых в автоматических системах, могут быть электрическими, пневматическими и гидравлическими.

Современное автоматическое устройство включает в себя датчики, дистанционные передачи, преобразователи, реле, измерительные приборы и исполнительные органы. В простых автоматических устройствах некоторые из этих элементов (например, дистанционная передача, измерительные приборы и др.) могут отсутствовать.

Наиболее сложной функцией автоматики является автоматическое регулирование, состоящее в поддержании без участия человека на постоянном уровне величин, определяющих протекание технологического процесса. Объект, в котором процесс в той или иной мере автоматически регулируется, называется регулируемым объектом, а величины, подлежащие

регулированию, регулируемые параметрами. Регулировать можно один или несколько параметров объекта регулирования.

Выбранный для конкретных условий автоматический регулятор должен поддерживать в определенных пределах величину и продолжительность отношения регулируемого параметра, т. е. обеспечить устойчивое регулирование. Устойчивым является регулирование, плавно изменяющийся регулируемый параметр либо без колебаний, либо с небольшими затухающими колебаниями.

По назначению различают регуляторы расхода, давления, температуры и т. д.

По способу действия автоматические регуляторы подразделяются на непосредственного действия, в которых усилие, необходимое для перемещения регулирующего органа, создается изменением регулируемого параметра без применения постороннего источника энергии, и непрямого (косвенного) действия, работающие с использованием постоянного источника энергии.

Регуляторы делятся также на регуляторы прерывного и непрерывного действия. В прерывном случае регулятор или его связь с регулирующим органом включается периодически, во втором - непрерывно воздействует на регулируемый орган до тех пор, пока регулируемая величина не совпадет с заданным значением.

Регулируемый объект вместе с присоединенным к нему автоматическим регулятором называется системой автоматического регулирования (САР).

Система автоматического регулирования является замкнутой системой, в которой отклонения регулируемой величины от заданного значения преобразуются автоматически в воздействие на регулируемый орган.

Характерной особенностью большинства автоматических устройств является наличие обратной связи. Обнаружив отклонение регулируемой величины от требуемого значения, чувствительный элемент регулятора посылает командный импульс к регулирующему органу, который уменьшает или увеличивает перемещение рабочего органа.

Сигнализирующие устройства автоматических устройств могут быть выполнены со звуковыми, световыми и электромагнитными сигналами.

Для звуковых сигналов используются звонки, гудки и сирены, для световых - электрические лампочки, для электромагнитных сигнальных реле - бленкеры. При подаче тока в катушку бленкера выпадает сигнализирующая пластинка - флажок. С помощью перечисленных устройств сигнализируется либо включение и отключение тех или иных агрегатов, либо состояние их неисправности.

Блокировка в автоматических устройствах служит для предотвращения подключения механизмов в непредусмотренное время. Устройства для блокировки бывают электрические, механические, пневматические и гидравлические. В автоматизированных устройствах наиболее широко применяется электрическая блокировка. В частности, в электроприводах она служит для обеспечения определенных переключений или последовательности пуска и остановки механизмов, связанных между собой общей технологической зависимостью.

Под блокировкой механизмов и устройств понимается такая электрическая или механическая связь между их пусковыми аппаратами, которая ставит в зависимость действие одного механизма или устройства от другого.

В строительном производстве часто используются группы транспортеров, требующих согласованной работы. Работа транспортеров связывается между собой, а иногда, в зависимости от необходимости, также и с работой других механизмов. Эти связи осуществляются целым рядом электрических блокировочных цепей. В целях предотвращения возможных завалов в случае непредвиденной остановки одного из транспортеров должна быть обеспечена автоматическая остановка всех транспортеров, предшествующих ему по ходу потока.

Устройства автоматики, телемеханики и связи на метрополитене

Для обеспечения безопасности и организации движения поездов, линии метрополитена оборудуются устройствами:

- комплексной системы автоматизированного управления движением поездов, состоящей из подсистем автоматического регулирования скорости и автоматического управления поездами;

- электрической централизации стрелок и сигналов (ЭЦ):

- диспетчерской централизации (ДЦ).

Система автоматического регулирования скорости движения поездов обеспечивает непрерывный контроль за соблюдением машинистом максимально допустимых скоростей и автоматическое торможение при их превышении. По конструктивным особенностям подвижного состава и условиям водоотвода продольный уклон главных путей подземных, а также закрытых наземных участков метрополитена принимается от 0,003 до 0,04; а открытых наземных – не более 0,035.

Станции тоннельных и закрытых наземных участков должны располагаться на односкатном продольном уклоне не менее 0,003. в обоснованных случаях допускается уклон до 0,005 или размещение станций на горизонтальной площадке при условии обеспечения отвода воды.

Пути для отстоя и оборота составов в тоннелях располагаются на уклоне 0,003. с подъемом в сторону станции, а парковые пути в местах стоянки вагонов на горизонтальной площадке или уклоне не круче 0,0015.

В плане линии метрополитена проектируют вдоль основных магистралей по кратчайшим направлениям, при этом радиус кривых на главных путях принимается не менее 600 м. а в сложных условиях не менее 300 м. станции метрополитена располагают на прямых участках и в отдельных случаях на кривых с радиусом не менее 800 м.

Для обслуживания пассажиров, обеспечения безопасности движения и пропускной способности линии метрополитена делятся на отдельные перегоны обычно длиной 1-2 км, на границах которых располагаются станции. Перегоны в свою очередь состоят из отдельных блок – участков, ограниченных светофорами или изолирующими рельсовыми стыками. В каждом светофора в створе с изолирующими стыками устанавливается автостоп для предупреждения проезда поездом запрещающего сигнала. На линиях, оборудованных новейшими системами автоматики, контроль скорости движения поезда и остановка его осуществляется автоматически устройствами, расположенными непосредственно на подвижном составе.

Расстояние между светофорами определяется, но должно быть не менее тормозного пути, рассчитанного для данного места при полном служебном торможении и максимальной установленной скорости.

Станции метрополитена предназначаются для обслуживания пассажиров, а при наличии путевого развития и для производств маневровой работы. Различают еще станции закрытого типа, не имеющие пассажирских платформ и оборудованные дверями, отделяющими средний зал от путевых тоннелей. Станции обычно проектируют с островными платформами длиной, превышающей расчетную длину поезда не менее чем на 6 м при тоннельных и закрытых наземных участках и не менее 10 м при открытых наземных участках. Метрополитены в Москве и Санкт-Петербурге рассчитаны на 8-ми вагонные составы; в других городах – на 5-ти вагонные составы. Ширина платформ принимается 10-12 м, высота от уровня верха головки рельса – 1100 мм.

В отличие от железной дороги, питание тяговых двигателей моторных вагонов метрополитена осуществляется от третьего рельса, называемого контактным, по которому токоприемник вагона скользит во время движения. Контактный рельс располагается вдоль рельсовой колеи, как правило, с левой стороны по ходу поезда и только в местах расположения стрелочных переводов и перекрестных съездов возможно размещение его с правой стороны.

Для осмотра, мелкого ремонта, уборки и отстоя подвижного состава на метрополитене предусматривают пункты технического обслуживания с тупиковыми путями, на которые поезда проходят с главных путей по специальным съездам. Для оборота подвижного состава и перехода его на другие линии предусматривают специальные пути и соединительные ветви.

Устройствами АРС оборудуют главные пути, соединительные ветви, пути для оборота и отстоя составов, а также электроподвижного состава, предназначенный для эксплуатации на этих путях. При АРС в кабине управления поездом имеются указатели, выполненные в виде светящихся ячеек с цифрами и буквами. Цифровое или сигнальное показание указывает предельно допустимую скорость на данном участке.

На всех линиях метрополитена должны быть следующие основные виды связи:

- поездная диспетчерская;
- поездная радиосвязь;
- тоннельная;
- электродиспетчерская;
- электромеханическая диспетчерская;
- радиосвязь диспетчеров с восстановительными формированиями;
- эскалаторная диспетчерская;
- стрелочная;
- оперативная служебная между диспетчерскими пунктами и объектами СЦБ;
- автоматики;
- телемеханики.

Контрольные вопросы

1. Устройства автоматики, телемеханики и связи на метрополитене.
2. Системы автоматических устройств и их назначение в различных областях производства.

Практическая работа № 9 Микропроцессорные системы

Цель работы: освоить основные понятия микропроцессорных систем, классификацию микропроцессорных систем, назначение и принципы архитектуры микропроцессорных систем управления; область применения микропроцессорных систем.

Основные понятия микропроцессорных систем

Микропроцессор (МП) - это программно управляемое устройство, которое предназначено для обработки цифровой информации и управления процессом этой обработки и выполнено в виде одной или нескольких больших интегральных схем (БИС).

Понятие большая интегральная схема в настоящее время четко не определено. Ранее считалось, что к этому классу следует относить микросхемы, содержащие более 1000 элементов на кристалле. И действительно, в эти параметры укладывались первые микропроцессоры. Например, 4-разрядная процессорная секция микропроцессорного комплекта K584, выпускавшегося в конце 1970-х годов, содержала около 1500 элементов. Сейчас, когда микропроцессоры содержат десятки миллионов транзисторов и их количество непрерывно увеличивается, под БИС будем понимать функционально сложную интегральную схему.

Микропроцессорная система (МПС) представляет собой функционально законченное изделие, состоящее из одного или нескольких устройств, основу которой составляет микропроцессор.

Микропроцессор характеризуется большим количеством параметров и свойств, так как он является, с одной стороны, функционально сложным вычислительным устройством, а с другой - электронным прибором, изделием электронной промышленности. Как средство вычислительной техники он характеризуется прежде всего своей архитектурой, то есть совокупностью программно-аппаратных свойств, предоставляемых пользователю. Сюда относятся система команд, типы и форматы обрабатываемых данных, режимы адресации, количество и распределение регистров, принципы взаимодействия с оперативной памятью и внешни-

ми устройствами (характеристики системы прерываний, прямой доступ к памяти и т. д.). По своей архитектуре микропроцессоры разделяются на несколько типов (рис. 9.1).

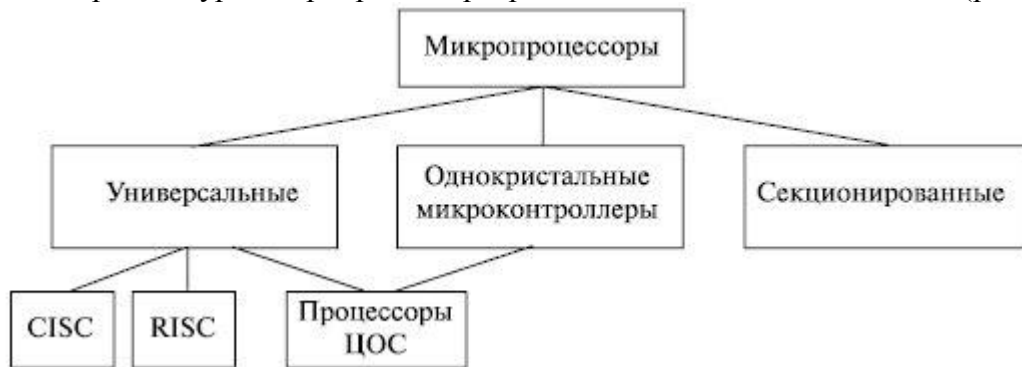


Рисунок 9.1 –Классификация микропроцессоров

Универсальные микропроцессоры предназначены для решения задач цифровой обработки различного типа информации от инженерных расчетов до работы с базами данных, не связанных жесткими ограничениями на время выполнения задания. Этот класс микропроцессоров наиболее широко известен. К нему относятся такие известные микропроцессоры, как МП ряда Pentium фирмы Intel и МП семейства Athlon фирмы AMD.

Характеристики универсальных микропроцессоров:

- разрядность: определяется максимальной разрядностью целочисленных данных, обрабатываемых за 1 такт, то есть фактически разрядностью арифметико-логического устройства (АЛУ);
- виды и форматы обрабатываемых данных;
- система команд, режимы адресации операндов;
- емкость прямоадресуемой оперативной памяти: определяется разрядностью шины адреса;
- частота внешней синхронизации. Для частоты синхронизации обычно указывается ее максимально возможное значение, при котором гарантируется работоспособность схемы. Для функционально сложных схем, к которым относятся и микропроцессоры, иногда указывают также минимально возможную частоту синхронизации. Уменьшение частоты ниже этого предела может привести к отказу схемы. В то же время в тех применениях МП, где не требуется высокое быстродействие, снижение частоты синхронизации - одно из направлений энергосбережения. В ряде современных микропроцессоров при уменьшении частоты он переходит в <спящий режим>, при котором сохраняет свое состояние. Частота синхронизации в рамках одной архитектуры позволяет сравнить производительность микропроцессоров. Но разные архитектурные решения влияют на производительность гораздо больше, чем частота;
- производительность: определяется с помощью специальных тестов, при этом совокупность тестов подбирается таким образом, чтобы они по возможности покрывали различные характеристики микроархитектуры процессоров, влияющие на производительность.

Универсальные микропроцессоры принято разделять на CISC - и RISC-микропроцессоры.

CISC-микропроцессоры (Completed Instruction Set Computing - вычисления с полной системой команд) имеют в своем составе весь классический набор команд с широко развитыми режимами адресации операндов. Именно к этому классу относятся, например, микропроцессоры типа Pentium. В то же время RISC-микропроцессоры (reduced instruction set computing - вычисления с сокращенной системой команд) используют, как следует из определения, уменьшенное количество команд и режимов адресации. Здесь прежде всего следует выделить такие микропроцессоры, как Alpha 21x64, Power PC. Количество команд в системе команд - наиболее очевидное, но на сегодняшний день не самое главное различие в

этих направлениях развития универсальных микропроцессоров. Другие различия мы будем рассматривать по мере изучения особенностей их архитектуры.

Однокристалльные микроконтроллеры (ОМК или просто МК) предназначены для использования в системах промышленной и бытовой автоматики. Они представляют собой большие интегральные схемы, которые включают в себя все устройства, необходимые для реализации цифровой системы управления минимальной конфигурации: процессор (как правило, целочисленный), ЗУ команд, ЗУ данных, генератор тактовых сигналов, программируемые устройства для связи с внешней средой (контроллер прерывания, таймеры-счетчики, разнообразные порты ввода/вывода), иногда аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи и т. д. В некоторых источниках этот класс микропроцессоров называется однокристалльными микро-ЭВМ (ОМЭВМ).

В настоящее время две трети всех производимых микропроцессорных БИС в мире составляют МП этого класса, причем почти две трети из них имеет разрядность, не превышающую 16 бит. К классу однокристалльных микроконтроллеров прежде всего относятся микропроцессоры серии MCS-51 фирмы Intel и аналогичные микропроцессоры других производителей, архитектура которых де-факто стала стандартом.

Отличительные особенности архитектуры однокристалльных микроконтроллеров:

- физическое и логическое разделение памяти команд и памяти данных (гарвардская архитектура), в то время как в классической неймановской архитектуре программы и данные находятся в общем запоминающем устройстве и имеют одинаковый механизм доступа;

- упрощенная и ориентированная на задачи управления система команд: в МК, как правило, отсутствуют средства обработки данных с плавающей точкой, но в то же время в систему команд входят команды, ориентированные на эффективную работу с датчиками и исполнительными устройствами, например, команды обработки битовой информации;

- простейшие режимы адресации операндов.

Основные характеристики микроконтроллеров (в качестве примера численные значения представлены для МК-51):

1. Разрядность (8 бит).
2. Емкость внутренней памяти команд и памяти данных, возможности и пределы их расширения:
 - внутренняя память команд - 4 Кбайт (в среднем команда имеет длину 2 байта, таким образом, во внутренней памяти может быть размещена программа длиной около 2000 команд); возможность наращивания за счет подключения внешней памяти до 64 Кбайт;
 - память данных на кристалле 128 байт (можно подключить внешнюю память общей емкостью до 64 Кбайт).
3. Тактовая частота:
 - внешняя частота 12 МГц;
 - частота машинного цикла 1 МГц.
4. Возможности взаимодействия с внешними устройствами: количество и назначение портов ввода-вывода, характеристики системы прерывания, программная поддержка взаимодействия с внешними устройствами.

Наличие и характеристики встроенных аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) для упрощения согласования с датчиками и исполнительными устройствами системы управления.

Секционированные микропроцессоры (другие названия: микропрограммируемые и разрядно-модульные) - это микропроцессоры, предназначенные для построения специализированных процессоров. Они представляют собой микропроцессорные секции относительно небольшой (от 2 до 16) разрядности с пользовательским доступом к микропрограммному уровню управления и средствами для объединения нескольких секций.

Такая организация позволяет спроектировать процессор необходимой разрядности и со специализированной системой команд. Из-за своей малой разрядности микропроцессор-

ные секции могут быть построены с использованием быстродействующих технологий. Совокупность всех этих факторов обеспечивает возможность создания процессора, наилучшим образом ориентированного на заданный класс алгоритмов как по системе команд и режимам адресации, так и по форматам данных.

Одним из первых комплектов секционированных микропроцессоров были МП БИС семейства Intel 3000. В нашей стране они выпускались в составе серии K589 и 585. Процессорные элементы этой серии представляли собой двухразрядный микропроцессор. Наиболее распространенным комплектом секционированных микропроцессоров является Am2900, основу которого составляют 4-разрядные секции. В нашей стране аналог этого комплекта выпускался в составе серии K1804. В состав комплекта входили следующие БИС:

- разрядное секционное АЛУ;
- блок ускоренного переноса;
- разрядное секционное АЛУ с аппаратной поддержкой умножения;
- тип схем микропрограммного управления;
- контроллер состояния и сдвига;
- контроллер приоритетных прерываний.

Основным недостатком микропроцессорных систем на базе секционированных микропроцессорных БИС явилась сложность проектирования, отладки и программирования систем на их основе. Использование специализированной системы команд приводило к несовместимости разрабатываемого ПО для различных микропроцессоров. Возможность создания оптимального по многим параметрам специализированного процессора требовала труда квалифицированных разработчиков на протяжении длительного времени. Однако бурное развитие электронных технологий привело к тому, что за время проектирования специализированного процессора разрабатывался универсальный микропроцессор, возможности которого перекрывали гипотетический выигрыш от проектирования специализированного устройства. Это привело к тому, что в настоящее время данный класс микропроцессорных БИС практически не используется.

Процессоры цифровой обработки сигналов, или цифровые сигнальные процессоры, представляют собой бурно развивающийся класс микропроцессоров, предназначенных для решения задач цифровой обработки сигналов - обработки звуковых сигналов, изображений, распознавания образов и т. д. Они включают в себя многие черты однокристальных микроконтроллеров: гарвардскую архитектуру, встроенную память команд и данных, развитые возможности работы с внешними устройствами. В то же время в них присутствуют черты и универсальных МП, особенно с RISC-архитектурой: конвейерная организация работы, программные и аппаратные средства для выполнения операций с плавающей запятой, аппаратная поддержка сложных специализированных вычислений, особенно умножения.

Как электронное изделие микропроцессор характеризуется рядом параметров, наиболее важными из которых являются следующие:

1. Требования к синхронизации: максимальная частота, стабильность.
2. Количество и номиналы источников питания, требования к их стабильности. В настоящее время существует тенденция к уменьшению напряжения питания, что сокращает тепловыделение схемы и ведет к повышению частоты ее работы. Если первые микропроцессоры работали при напряжении питания +15В, то сейчас отдельные схемы используют источники менее 1 В.
3. Мощность рассеяния - это мощность потерь в выходном каскаде схемы, превращающаяся в тепло и нагревающая выходные транзисторы. Иначе говоря, она характеризует показатель тепловыделения БИС, что во многом определяет требования к конструктивному оформлению микропроцессорной системы. Эта характеристика особенно важна для встраиваемых МПС.
4. Уровни сигналов логического нуля и логической единицы, которые связаны с номиналами источников питания.

5. Тип корпуса - позволяет оценить пригодность схемы для работы в тех или иных условиях, а также возможность использования новой БИС в качестве замены существующей на плате.

6. Температура окружающей среды, при которой может работать схема. Здесь выделяют два диапазона:

- коммерческий ($0^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$);
- расширенный ($-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$).

7. Помехоустойчивость - определяет способность схемы выполнять свои функции при наличии помех. Помехоустойчивость оценивается интенсивностью помех, при которых нарушение функций устройства еще не превышает допустимых пределов. Чем сильнее помеха, при которой устройство остается работоспособным, тем выше его помехоустойчивость.

8. Нагрузочная способность, или коэффициент разветвления по выходу, определяется числом схем этой же серии, входы которых могут быть присоединены к выходу данной схемы без нарушения ее работоспособности. Чем выше нагрузочная способность, тем шире логические возможности схемы и тем меньше таких микросхем необходимо для построения сложного вычислительного устройства. Однако с увеличением этого коэффициента ухудшаются помехоустойчивость и быстродействие.

9. Надежность - это способность схемы сохранять свой уровень качества функционирования при установленных условиях за установленный период времени. Обычно характеризуется интенсивностью отказов (час⁻¹) или средним временем наработки на отказ (час). В настоящее время этот параметр для больших интегральных схем обычно не указывается изготовителем. О надежности МП БИС можно судить по косвенным показателям, например, по приводимой разработчиками средств вычислительной техники надежности изделия в целом.

10. Характеристики технологического процесса. Основной показатель здесь - разрешающая способность процесса. В настоящее время она составляет 32 нм, то есть около 30 тыс. линий на 1 мм. Более совершенный технологический процесс позволяет создать микропроцессор, обладающий большими функциональными возможностями.

Затраты на изготовление устройств, использующих микропроцессорные БИС, представлены на рис. 9.2. Здесь:

1. затраты на изготовление БИС (чем больше степень интеграции элементов на кристалле, тем дороже обходится производство схемы);
2. затраты на сборку и наладку микропроцессорной системы (с увеличением функциональных возможностей МП потребуется меньше схем для создания МПС);
3. общая стоимость микропроцессорной системы, которая складывается из затрат (1) и (2). Она имеет некоторое оптимальное значение для данного уровня развития технологии;
4. переход на новую технологию (оптимальным будет уже другое количество элементов на кристалле, а общая стоимость изделия снижается).

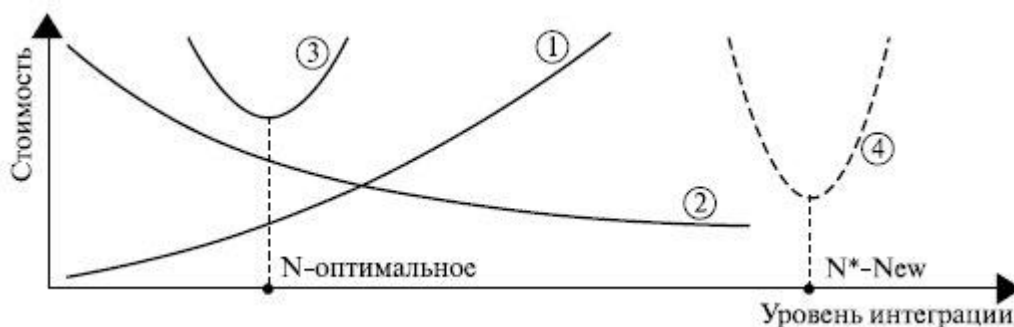


Рисунок 9.2 – Затраты на производство микропроцессорной системы

В 1965 году Гордон Мур сформулировал гипотезу, известную в настоящее время как <закон Мура>, согласно которой каждые 1,5-2 года число транзисторов в расчете на одну интегральную схему будет удваиваться. Это обеспечивается непрерывным совершенствованием технологических процессов производства микросхем.

Наиболее развитая в технологическом отношении фирма Intel в жизненном цикле полупроводниковых технологий, создаваемых и применяемых в корпорации, выделяет шесть стадий.

Самая ранняя стадия проходит за пределами Intel - в университетских лабораториях и независимых исследовательских центрах, где ведутся поиски новых физических принципов и методов, которые могут стать основой научно-технологического задела на годы вперед. Корпорация финансирует эти исследования.

На второй стадии исследователи Intel выбирают наиболее перспективные направления развития новых технологий. При этом обычно рассматривается 2-3 варианта решения.

Главная задача третьей стадии - полная черновая проработка новой технологии и демонстрация ее осуществимости.

После этого начинается четвертая стадия, главная цель которой - обеспечить достижение заданных значений таких ключевых технических и экономических показателей, как выход годных изделий, надежность, стоимость и некоторые другие. Завершение этапа подтверждается выпуском первой промышленной партии новых изделий.

Пятая стадия - промышленное освоение новой технологии. Эта проблема не менее сложна, чем разработка самой технологии, поскольку необычайно трудно в точности воспроизвести в условиях реального производства то, что было получено в лаборатории. Обычно именно здесь возникают задержки со сроками выпуска новых изделий, с достижением запланированного объема поставок и себестоимости продукции.

Последняя, шестая стадия жизненного цикла технологии (перед отказом от ее применения) - зрелость. Зрелая технология, подвергаясь определенному совершенствованию с целью повышения производительности оборудования и снижения себестоимости продукции, обеспечивает основные объемы производства. По мере внедрения новых, более совершенных технологий <старые> производства ликвидируются.

Но не сразу: сначала они переводятся на выпуск микросхем с меньшим быстродействием или с меньшим числом транзисторов, например, периферийных БИС.

Классификация микропроцессорных систем

Различают:

1) Периферийные (интерфейсные) ОМК предназначен для реализации простейших МП систем управления. Имеют малую производительность и малые габаритные размеры. В частности может использоваться периферийными устройствами ЭВМ (клавиатура, мышь и т.п.) К ним относятся: PIC – Micro Chip, VPS – 42 (Intel).

2) Универсальные 8–разрядные ОМК предназначены для реализации МП систем малой и средней производительности. Имеют простую систему команд и большую номенклатуру встроенных устройств. Основные типы: MSC – 51 (Intel) Motorola HC05 – HC012 и др.

3) Универсальный 16–разрядный ОМК. Предназначен для реализации систем реального времени средней производительности. Структура и система команд нацелены на скорейшую реакцию на внешние события. Наибольшее использование имеют в системах управления электродвигателями (мехатронные системы).

4) Специализированные 32–разрядные ОМК реализуют высокопроизводительную ARM архитектуру и предназначены для систем телефонии, передачи информации, телевидения и других, требующие высокоскоростной обработки информации. К типовым 16–разрядным ОМК относятся: MSC96/196/296 (Intel), C161–C167 (Siemens, Infineon), HC16 Motorola и др.

5) Цифровые сигнальные процессоры (DSP – Digital Signal Processor) предназначен для сложной математической обработки измеряемых сигналов в режиме реального времени. Широко используются в телефонии и связи. Основные отличия DSP: повышенная разрядность обрабатываемых слов (16,32,64 бита) и высокая скорость в формате с плавающей точкой (16 flops). Производители: Texas Instruments (TMS 320 и др.), Analog Device (ADSP 2181 и др.).

По области применения определилось три направления развития микропроцессоров:

- микроконтроллеры
- универсальные микропроцессоры
- сигнальные микропроцессоры

По внутренней структуре существует два основных принципа построения микропроцессоров:

- Гарвардская архитектура
- Архитектура Фон-Неймана

По системе команд микропроцессоры отличаются огромным разнообразием, зависящим от фирмы-производителя. Тем не менее можно определить две крайние политики построения микропроцессоров:

- Аккумуляторные микропроцессоры
- Микропроцессоры с регистрами общего назначения

Архитектура микропроцессорных систем управления

По функциональному признаку (по набору команд и способу адресации) в современных микропроцессорных системах управления реализуются следующие варианты архитектур:

- CISC-архитектура (Complex Instruction Set Commands) традиционная архитектура с расширенным набором команд.
- RISC-архитектура (Reduce Instruction Set Commands) архитектура с сокращенным набором команд.
- VLIW-архитектура (Very Large Instruction Word) архитектура с использованием очень длинных команд

CISC (Complex Instruction Set Computer) - архитектура реализована во многих типах микропроцессоров, выполняющих большой набор разноформатных команд с использованием многочисленных способов адресации. Эта классическая архитектура процессоров, которая начала свое развитие в 1940-х годах с появлением первых компьютеров. Типичным примером CISC-процессоров являются микропроцессоры семейства Pentium. Они выполняют более 200 команд разной степени сложности, которые имеют размер от 1 до 15 байт и обеспечивают более 10 различных способов адресации. Такое большое многообразие выполняемых команд и способов адресации позволяет программисту реализовать наиболее эффективные алгоритмы решения различных задач.

RISC (Reduced Instruction Set Computer) - архитектура отличается использованием ограниченного набора команд фиксированного формата. Современные RISC-процессоры обычно реализуют около 100 команд, имеющих фиксированный формат длиной 4 байта. Также значительно сокращается число используемых способов адресации. Обычно в RISC-процессорах все команды обработки данных выполняются только с регистровой или непосредственной адресацией. При этом для сокращения количества обращений к памяти RISC-процессоры имеют увеличенный объем внутреннего РЗУ – от 32 до нескольких сотен регистров, тогда как в CISC-процессорах число регистров общего назначения обычно составляет 8–16.

Обращение к памяти в RISC-процессорах используется только в операциях загрузки данных в РЗУ или пересылки результатов из РЗУ в память. При этом используется небольшое число наиболее простых способов адресации: косвенно-регистровая, индексная и неко-

торые другие. В результате существенно упрощается структура микропроцессора, сокращаются его размеры и стоимость, значительно повышается производительность.

Главная задача RISC архитектуры обеспечение наивысшей производительности процессора. Её отличительными чертами является:

- малое число команд процессора (несколько десятков);
- каждая команда выполняется за минимальное время (1-2 машинных цикла, такта).
- максимально возможное число регистров общего назначения процессора (несколько тысяч);
- увеличенная разрядность процессора (12,14,16 бит).

Современная RISC архитектура включает, как правило, только последние 3 пункта, т.к. за счет повешенной плотности компоновки БИС стало возможным реализовать большое количество команд.

В современных 32-разрядных ОМК используют ARM архитектуру (расширенная RISC архитектура с суперсокращением команд THUMB).

VLIW (Very Large Instruction Word) - архитектура появилась относительно недавно - в 1990-х годах. Ее особенностью является использование очень длинных команд (до 128 бит и более), отдельные поля которых содержат коды, обеспечивающие выполнение различных операций. Таким образом, одна команда вызывает выполнение сразу нескольких операций параллельно в различных операционных устройствах, входящих в структуру микропроцессора.

Кроме набора выполняемых команд и способов адресации важной архитектурной особенностью микропроцессоров является используемый вариант реализации памяти и организация выборки команд и данных.

По этим признакам различаются процессоры с Принстонской и Гарвардской архитектурой. Эти архитектурные варианты были предложены в конце 1940-х годов специалистами соответственно Принстонского и Гарвардского университетов США для разрабатываемых ими моделей компьютеров.

Принстонская архитектура, которая часто называется архитектурой Фон-Неймана, характеризуется использованием общей оперативной памяти для хранения программ, данных, а также для организации стека. Для обращения к этой памяти используется общая системная шина, по которой в процессор поступают и команды, и данные. Эта архитектура имеет ряд важных достоинств. Наличие общей памяти позволяет оперативно перераспределять ее объем для хранения отдельных массивов команд, данных и реализации стека в зависимости от решаемых задач.

Гарвардская архитектура характеризуется физическим разделением памяти команд (программ) и памяти данных. В ее оригинальном варианте использовался также отдельный стек для хранения содержимого программного счетчика, который обеспечивал возможности выполнения вложенных подпрограмм. Каждая память соединяется с процессором отдельной шиной, что позволяет одновременно с чтением-записью данных при выполнении текущей команды производить выборку и декодирование следующей команды. Благодаря такому разделению потоков команд и данных и совмещению операций их выборки реализуется более высокая производительность, чем при использовании Принстонской архитектуры.

При создании МП используются три наиболее широко применяемых вида архитектур, созданных за время их развития: регистровая, стековая и ориентированная на оперативную память.

Регистровая архитектура (архитектура типа «регистр - регистр») микропроцессора определяет наличие достаточно большого набора регистров внутри больших интегральных схем (БИС) микропроцессора. Этот набор регистров образует поле сверхбыстрой оперативной памяти (СОЗУ) и с произвольной записью и выборкой информации. В микропроцессорах с регистровой архитектурой рабочие области регистров размещаются в логических частях процессоров. Однако малая плотность логических схем по сравнению с плотностью схем памяти ограничивает возможность регистровой архитектуры. МП с архитектурой, ориентиро-

ванной на память, обеспечивают быстрое подключение к рабочим областям, когда необходимо заменять контексты. Смена контекстов осуществляется изменением векторов трех регистров - счетчика команд, регистров состояния и указателя рабочей области. Достоинство этой архитектуры в отношении смены контекстов связано с выполнением только одной команды для передачи полного вектора контекста. Микропроцессоры с регистровой архитектурой имеют высокую эффективность решения научно - технических задач, поскольку высокая скорость работы СОЗУ позволяет эффективно использовать скоростные возможности арифметик - логического блока. Однако при переходе к решению задач управления эффективность таких микропроцессоров падает, так как при переключениях программ необходимо разгружать и загружать регистры СОЗУ.

Стековая архитектура микропроцессора дает возможность создать поле памяти с упорядоченной последовательностью записи и выборки информации. Эта архитектура эффективна для организации работы с подпрограммами, когда возникает постоянная необходимость перехода от текущей программы к подпрограмме, обслуживающей какое - либо ВУ, и возврат в текущую программу. Хранение адресов возврата позволяет организовать в стеке эффективную обработку последовательностей вложенных подпрограмм. Основным недостатком МП этого типа является то, что стек, реализованный на кристалле микропроцессора, как правило имеет малую информационную емкость. При работе он быстро переполняется, приводя к возможности нарушения работы системы. Построение же стека большой емкости требует значительных ресурсов кристалла. Поэтому наилучшими характеристиками обладают МП, в которых стек реализуется вне микропроцессора - в оперативной памяти (оперативном запоминающем устройстве - ОЗУ).

Архитектура микропроцессора, ориентированная на оперативную память, обеспечивает высокую скорость работы и большую информационную емкость рабочих регистров и стека при их организации в ОЗУ. В МП с такой архитектурой все обрабатываемые числа после операции в микропроцессоре выводятся из микропроцессора и вновь возвращаются в память, что и дало ей такое название.

При оценке быстродействия МП типа «память - память» необходимо учитывать физическую реализацию как элементов, так и связей между ними. Высокая скорость срабатывания логических элементов интегральных схем не всегда может обеспечить высокую скорость работы МП, поскольку большие значения индуктивно - емкостных параметров связей на печатных платах не позволяют передавать сигналы без искажения. Высокий уровень технологии современных МП до долей микрон существенно уменьшило размеры БИС, снизило паразитные параметры связей. Поэтому стало возможным физически отделить блок регистров и стек от арифметико-логического блока и обеспечить при этом их высоко-скоростную совместную работу. При создании однокристалльных МП регистровые СОЗУ и ОЗУ МПС имеют практически одни и те же параметры. Повышение скорости работы ОЗУ позволяет удалить набор регистров и стек из кристалла микропроцессора и использовать освободившиеся ресурсы для развития системы команд, средств прерывания, многоуровневой обработки. Организация рабочих регистров и стека в ОЗУ ведет к уменьшению скорости передачи информации, однако при этом повышается общая эффективность такого решения за счет большой информационной емкости полей регистровой и стековой памяти, а также возможности развития системы команд и прерываний. Архитектура микропроцессора, ориентированная на оперативную память, обеспечивает экономию площади кристалла МП. В этом случае на кристалле размещается только регистр - указатель начального файла набора регистров. Адресация остальных регистров осуществляется указанием в команде специальным указателем - кодом смещения. Доступ к рабочим регистрам в этом случае замедляется, поскольку приходится совершать сопряженное с затратами времени кольцевое «путешествие» из процессора во внекристальную память, где размещаются рабочие регистры. Однако контекстное переключение в микропроцессоре с такой архитектурой происходит быстро, поскольку при прерывании необходимо только изменить значение содержимого регистра - указателя рабочей области памяти.

Применение микропроцессорных систем

В связи с широким диапазоном решаемых задач управления требования, предъявляемые к производительности процессора, объему внутренней памяти команд и данных, набору необходимых периферийных устройств, оказываются весьма разнообразными. Для удовлетворения запросов потребителей выпускается большая номенклатура микроконтроллеров, которые принято подразделять на 8-, 16- и 32-разрядные.

8-разрядные микроконтроллеры представляют наиболее многочисленную группу этого класса микропроцессоров, которые имеют относительно низкую производительность, которая, однако, вполне достаточна для решения широкого круга задач управления различными объектами. Это простые и дешевые микроконтроллеры, ориентированные на использование в относительно несложных устройствах массового выпуска. Основными областями их применения являются бытовая и измерительная техника, промышленная автоматика, автомобильная электроника, теле-, видео- и аудиоаппаратура, средства связи.

16-разрядные микроконтроллеры во многих случаях являются усовершенствованной модификацией своих 8-разрядных прототипов. Они характеризуются не только увеличенной разрядностью обрабатываемых данных, но и расширенной системой команд и способов адресации, увеличенным набором регистров и объемом адресуемой памяти, а также рядом других дополнительных возможностей, использование которых позволяет повысить производительность и обеспечить новые области применения. Основная сфера применения таких микроконтроллеров - сложная промышленная автоматика, телекоммуникационная аппаратура, медицинская и измерительная техника.

32-разрядные микроконтроллеры содержат высокопроизводительный процессор, соответствующий по своим возможностям младшим моделям микропроцессоров общего назначения.

Кроме 32-разрядного процессора на кристалле микроконтроллера размещается внутренняя память команд емкостью до десятков Кбайт, память данных емкостью до нескольких Кбайт, а также сложно-функциональные периферийные устройства — таймерный процессор, коммуникационный процессор, модуль последовательного обмена и ряд других. Микроконтроллеры работают с внешней памятью объемом до 16 Мбайт и выше. Они находят широкое применение в системах управления сложными объектами промышленной автоматики (двигатели, робототехнические устройства, средства комплексной автоматизации производства), в контрольно-измерительной аппаратуре и телекоммуникационном оборудовании.

Контрольные вопросы

1. Что понимаете под микропроцессорными системами?
2. В чем отличие универсальных, однокристалльных и секционированных микропроцессоров?
3. Как классифицируют микропроцессорные системы?
4. Назначение и принципы архитектуры микропроцессорных систем управления?
5. Область применения микропроцессорных систем ?

Библиографический список

1. Акулова, Л.Ю. История развития средств автоматизации. Конспект лекций / Под редакцией д.т.н. И.А.Прошина. – Пенза: Изд-во ПГТА – 2011. – 176 с.
2. Воройский, Ф. С. Информатика. Энциклопедический систематизированный словарь - справочник. (Введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах). - М.: Физматлит, 2007. – 760 с.
3. Капустин, Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для втузов / Под ред. Н. М. Капустина. - М.: Высшая школа, 2004. – 415 с.
4. Скрябин, В. А. Автоматизация производственных процессов в машиностроении [Электронный ресурс]: Учебник / Скрябин В.А., Схиртладзе А.Г., Зверовщиков А.Е. - М.:КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 320 с.: 60x90 1/16 (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-906818-60-7 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/752393>
5. Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления [Электронный ресурс]: учеб. пособие / О.В. Шишов. - М. : ИНФРА-М, 2018. - 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.znanium.com>]. - (Высшее образование: Бакалавриат).
6. Юревич, Е. И. Основы робототехники. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ - Петербург, 2005. – 416 с.
7. Юсупов, Р. Х. Основы автоматизированных систем управления технологическими процессами [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Юсупов Р.Х. - М.:Инфра-Инженерия, 2018. - 132 с.: 60x84 1/16 (Переплёт) ISBN 978-5-9729-0229-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/989081>

Мещерякова Анна Анатольевна

История развития автоматизации и управления

Методические указания к практическим занятиям для студентов по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Редактор С.Ю. Крохотина

Подписано в печать Формат бумаги Заказ
Объем п.л. Усл. п.л. Уч-изд. л. Тираж
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»