

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие сформировано под влиянием на авторов неуклонно возрастающих темпов развития цифровых технологий на транспорте, роста применения систем автоматизации, позволяющих эффективно управлять автоматизированными системами транспортной инфраструктуры, систем контроля движения транспортных средств, при совершенствовании существующих систем управления автомобильными перевозками и при проектировании новых систем управления. В настоящее время техническая оснащенность транспортных средств различными электронными системами значительно возросла. Электронные системы управления двигателем включают в себя системы впрыска, зажигания и пуска двигателя и другие приборы электрооборудования транспортных средств, обеспечивающие надежную работу. Последние достижения в области электроники и микропроцессоров способствовали повышению надежности, эргономичности и безопасности транспортных средств.

Электронные системы управления в той или иной степени связаны друг с другом. Выходные сигналы некоторых датчиков могут использоваться несколькими электронными системами. Можно применять один компьютер для управления всеми системами (но на текущий момент и в ближайшем будущем это экономически нецелесообразно). Начинает претворяться в жизнь другое техническое решение, когда контроллеры отдельных ЭБУ связываются друг к другу коммуникационной шиной для обмена данными. Датчики и исполнительные механизмы, подключенные к данной шине через специальные согласующие устройства, становятся доступными для всех ЭБУ. Это решение представляет собой локальную вычислительную сеть (ЛВС) на борту транспортных средств.

Локальные вычислительные сети являются мультиплексными системами передачи информации. Уменьшение количества проводов в электропроводке автомобиля — одна из причин разработки мультиплексных систем. Другая причина — необходимость объединения в ЛВС контроллеров различных ЭБУ для эффективной работы и диагностики. Бортовая информационно-управляющая система (БИУС), предназначена для автоматизации рабочих процессов управления, диагностики, сбора, обработки и отображения информации на транспортных средствах.

Таким образом, учебное пособие «Управление техническими системами» помогает студентам обеспечить инженерную подготовку для изучения последующих технических дисциплин, для которых требуется знание основ функционирования электронных систем управления.

В пособие включены только те материалы, изучение которых предусмотрено государственным образовательным стандартом. Представленный здесь материал не претендует на исчерпывающий характер, а призван дать студентам новые знания по изучаемой дисциплине. Общеметодологический характер рассмотренных вопросов позволяет надеяться, что пособие будет полезно студентам старших курсов и магистрантам. Книга может быть полезна инженерно-техническим работникам предприятий автомобильной промышленности, а также специалистам сервисных служб и всем, кто связан с эксплуатацией автотранспортных средств.

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ

1.1. Исходные положения

Процесс управления происходит в живой и неживой природе: в живых организмах, обществе, технике и т. д. Естественный отбор, благодаря которому одни особи исчезают, другие выживают и воспроизводятся, также является своего рода процессом управления, протекающим в природе.

Общим для всех процессов управления, где бы они ни протекали, является прием (получение), хранение, преобразование информации и выработка (организация) на ее основе управления. Осознание этой общности послужило предпосылкой к возникновению в конце 40-х гг. XX в. научного направления, названного его основателем Н. Винером кибернетикой. Хотя управление человеческим коллективом, экономикой, с одной стороны, и техническими объектами — с другой, имеет много общего, коренные различия, которые существуют между этими объектами, делают необходимым их раздельное рассмотрение.

В теории (автоматического) управления рассматриваются методы исследования и построения систем управления в технике.

Первые системы автоматического регулирования, основанные на принципе отрицательной обратной связи, появились в конце XVIII в. К ним можно отнести, например, систему регулирования уровня воды в паровом котле (изобретатель И. И. Ползунов, 1765) и систему стабилизации частоты вращения вала паровой машины при помощи центробежного регулятора (Д. Уатт, 1768). Большой вклад в развитие теории автоматического регулирования внесли отечественные ученые И. А. Вышнеградский, Н. Е. Жуковский, профессор Императорского технического училища А. М. Ляпунов.

В технике управлением называют целенаправленное воздействие на какое-либо устройство, объект. Если управление осуществляет человек, то управление называют ручным, неавтоматическим.

Управление называют автоматическим, если оно осуществляется без непосредственного участия человека.

Устройство (машина, агрегат, технологический процесс), состоянием которого можно и нужно управлять, называется объектом управления (ОУ) или управляемым объектом. Целью управления управляемым объектом является поддержание заданного режима. Под заданным режимом понимают изменение какого-либо параметра, характеризующего состояние объекта управления, по определенному закону. Указанный параметр, который может быть векторной величиной, называется управляемой или выходной переменной (величиной) объекта управления. В частном случае заданным режимом может быть поддержание выходной переменной неизменной и равной некоторой заданной величине.

Часть объекта управления, на которую оказывают воздействие при управлении, называют управляющим (регулирующим) органом.

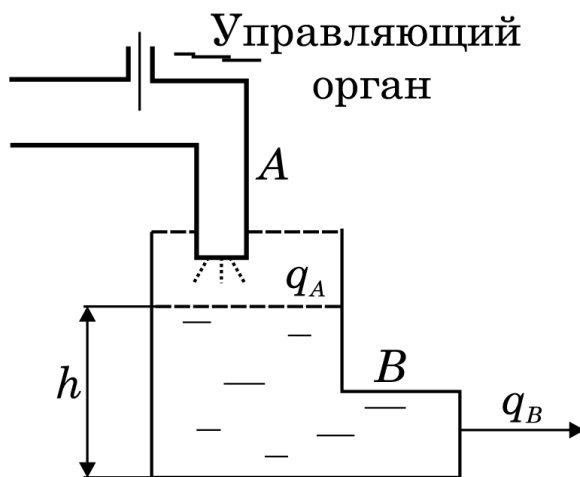


Рис. 1.1
Объект управления — резервуар

Простым примером объекта управления является резервуар с жидкостью (рис. 1.1), в котором нужно поддерживать жидкость на заданном уровне. Управляемой переменной является уровень h , регулирующим органом — вентиль на входной трубе А.

Устройство, осуществляющее управление управляемым объектом, называется управляющим устройством (УУ).

Объект управления с взаимодействующим с ним управляющим устройством называют системой управления. Если система управления функционирует с участием человека, то она называется автоматизированной системой управления (АСУ). Если система управления функционирует без непосредственного участия человека, то она называется автоматической системой управления или системой автоматического управления (САУ).

На автомобильном транспорте в настоящее время широко применяются различные автоматические и автоматизированные системы управления. Они улучшают эксплуатационные характеристики автомобиля, облегчают труд водителя, повышают безопасность движения.

Наиболее распространены системы управления работой двигателя автомобиля, силовой передачей, системами курсовой устойчивости, параметрами микроклимата, системами активной и пассивной безопасности. Бортовые системы управления в настоящее время создаются на основе специализированных микропроцессоров (микроконтроллеров). В современном автомобиле может применяться более сотни микроконтроллеров (см. цв. вкл., рис. 1.2). Блок-схему системы (автоматического) управления в общем случае можно представить так, как на рисунке 1.3. Выходная переменная объекта управления y является выходной (управляемой) переменной системы управления. Канал связи, по которому информация о текущем состоянии объекта управления поступает в управляющее устройство, называется обратной связью.

Внешнее воздействие g , которое определяет требуемый (заданный) закон изменения выходной переменной, называется задающим воздействием. Здесь,

как это часто делают, задающее воздействие выведено за пределы управляющего устройства, в то время как управляющее воздействие вырабатывается за датчиком, входящим в состав УУ.

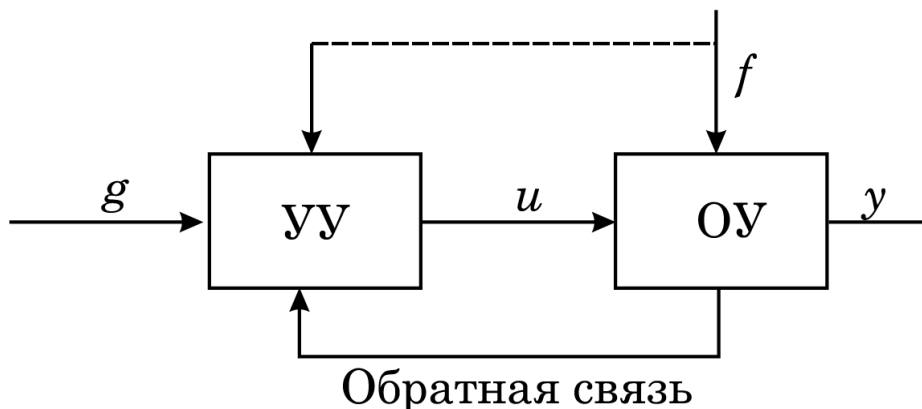


Рис. 1.3
Общая блок-схема САУ с обратной связью

Как правило, на объект управления действует возмущение f , которое приводит к отклонению управляемой переменной от требуемого значения. Такое воздействие называется возмущением и возмущающим воздействием. Возмущение может действовать и на УУ. В частном случае в зависимости от принципа управления обратная связь или канал связи, по которому информация о возмущении поступает на УУ, может отсутствовать.

Выходная переменная УУ u , являющаяся входной переменной ОУ, называется управляющим воздействием или управлением.

В случае резервуара с жидкостью основным возмущающим воздействием является отклонение расхода жидкости от номинального значения (из-за подключения или отключения потребителей).

Объекты управления в зависимости от реакции на входные воздействия делятся на устойчивые, нейтральные и неустойчивые. Допустим, что при входных воздействиях $u = u^0$ и $f = f^0$ выходная переменная $y = y^0$. И пусть на какое-то время T хотя бы одно из входных воздействий изменяется ($u = u^0 + \Delta u$ или $f = f^0 + \Delta f$), а затем принимает первоначальное значение ($\Delta u = 0$ и $\Delta f = 0$ при $t > t_0 + T$). Если при этом выходная переменная со временем принимает первоначальное значение ($y(t) \rightarrow y^0$ при $t \rightarrow \infty$), объект управления называется устойчивым; если переменная принимает новое постоянное значение ($y(t) \rightarrow y^* \neq y^0$ при $t \rightarrow \infty$), объект управления называется нейтральным; если переменная не стремится к первоначальному или новому постоянному значению, объект называется неустойчивым.

Например, резервуар с жидкостью является нейтральным объектом управления. Действительно, пусть, например, расход жидкости увеличивается, тогда уровень жидкости будет падать. И если затем расход жидкости восстановится до первоначального значения, то установится такой уровень, какой достигается в момент восстановления расхода, т. е. h примет новое значение.

1.2. Принципы управления

1.2.1. Принцип программного управления

Если об объекте управления все известно, то, точно зная, как зависит выходная переменная объекта управления от управляющего воздействия, управление можно формировать как известную функцию времени $u = u^*(t)$. Такой способ организации управления можно назвать принципом программного управления. При таком принципе управления УУ можно представить как устройство, состоящее из программатора (программирующего устройства) и исполнительного устройства (ИУ) (рис. 1.4). В частном случае исполнительное устройство может отсутствовать.

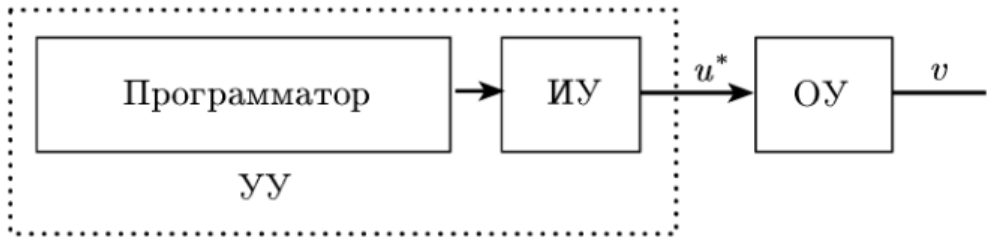


Рис. 1.4

Система программного управления

Принцип программного управления неприменим при управлении объектом, на который действуют заранее неизвестные возмущения, оказывающие существенное влияние на управляемую величину. Он также неприменим, если объект управления является нейтральным или неустойчивым и система управления должна функционировать достаточно длительное время. Это связано с тем, что при нейтральном и неустойчивом объекте управления небольшая систематическая ошибка в программном управлении приводит к нарастающей ошибке управляемой переменной.

1.2.2. Принцип компенсации

Основной причиной, обуславливающей использование специальных УУ, содержащих, помимо программатора и ИУ, измерительные и усилительно-преобразующие устройства, является действие на систему управления возмущений, оказывающих существенное влияние на ее работу. Естественно, напрашивается способ управления, при котором определяются (измеряются) действующие на систему управления возмущения и на их основе вырабатывается управляющее воздействие, которое полностью или частично компенсирует влияние возмущений на процесс управления.

Способ управления, при котором управляющее воздействие вырабатывается на основе действующих возмущений, называется способом управления по возмущению или принципом компенсации. Принцип компенсации иногда также называют принципом Понселе (по имени французского инженера Ж. Понселе, предложившего принцип регулирования паровой машины по моменту сопротивления на ее валу, т. е. по возмущению).

Достоинством способа управления по возмущению является принципиальная возможность полной компенсации возмущающего воздействия.

Недостатком метода компенсации является то, что он не всегда применим. Его нельзя применять, если возмущение нельзя измерить (из-за того, что его существование не известно или по другой причине). Его нецелесообразно использовать, когда на систему действует много различных возмущений, так как в этом случае УУ получается сложным. Кроме того, принцип компенсации нельзя использовать, если объект управления является нейтральным или неустойчивым.

1.2.3. Принцип обратной связи (управление по отклонению)

Управлением по отклонению называется такой способ управления, при котором определяется отклонение текущего значения выходной переменной от требуемого значения и на его основе формируется управляющее воздействие.

На рисунке 1.5 представлен поплавковый регулятор уровня бензина, устанавливаемый в карбюраторе автомобильных двигателей. В нем реализован способ управления по отклонению. Поплавок, который является одновременно измерителем уровня и сравнивающим устройством, в зависимости от отклонения уровня бензина от требуемого значения с помощью иглы непосредственно регулирует приток бензина в камеру и поддерживает требуемый уровень.

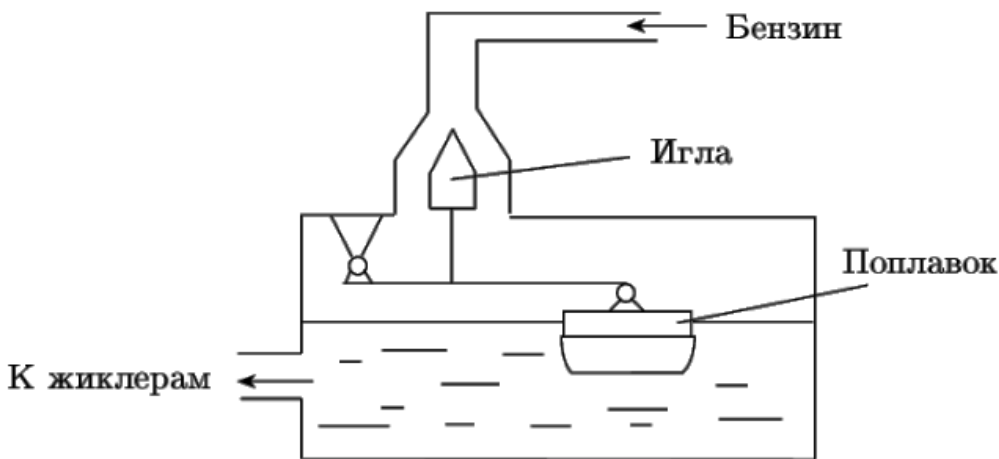


Рис. 1.5

Поплавковый регулятор карбюратора

Системы управления, основанные на способе управления по отклонению, непременно содержат обратную связь — канал связи, по которому информация об управляемой переменной поступает на управляющее устройство. Поэтому способ управления по отклонению называют также принципом обратной связи. Первыми промышленными регуляторами, построенными по принципу обратной связи, являются регулятор уровня котла паровой машины Ползунова (1765) и регулятор угловой скорости паровой машины Уатта (1784). Поэтому принцип обратной связи иногда называют принципом Ползунова — Уатта.

Достоинством принципа обратной связи является его универсальность, возможность его использования в условиях отсутствия информации о возмущающих воздействиях. Действительно, для его реализации не надо знать, какие возмущения действуют на систему управления и чем вызвано отклонение управляемой переменной от требуемого значения.

Принцип обратной связи широко используется в технике, а также присущ живым организмам и обществу. Так, например, установлено, что когда человек берет какой-либо предмет, управление кистью его руки производится по принципу обратной связи.

Недостатком способа управления по отклонению является принципиальная невозможность полной компенсации возмущающих воздействий. Это связано с тем, что при этом способе управления управляющее воздействие начинает вырабатываться и оказывать влияние на ход процесса управления только после того, как возмущение, начав действовать, вызывает отклонение управляемой величины от требуемого режима. Кроме того, следует отметить, что система управления с обратной связью может оказаться неустойчивой, хотя объект управления устойчив.

1.2.4. Принцип комбинированного управления

Выше при рассмотрении принципа компенсации и принципа обратной связи отмечались их достоинства и недостатки. Естественной является попытка поиска способа управления, в котором бы совмещались достоинства обоих принципов управления. Таким способом управления является принцип комбинированного управления, при котором одновременно используются способы управления как по возмущению, так и по отклонению.

Принцип комбинированного управления используется в тех случаях, когда на систему действует много различных возмущений, одно (или несколько) из которых оказывает наибольшее влияние на работу системы управления и может быть измерено. В подобных случаях влияние преобладающего возмущения можно нейтрализовать, используя принцип компенсации, и нейтрализовать влияние остальных возмущений, используя принцип обратной связи.

1.3. Структура системы управления

Система управления включает управляющее устройство и объект управления. Структура УУ зависит от используемого принципа управления. При использовании принципа программного управления УУ включает программатор и исполнительное устройство (см. рис. 1.4).

Управляющее устройство, построенное на основе принципа компенсации (рис. 1.6), включает: задатчик или задающее устройство (ЗУ), которое вырабатывает задающее воздействие; чувствительный элемент (ЧЭ), предназначенный для измерения возмущения; усилительно-преобразовательное устройство (УПУ), которое на основе задающего воздействия и измеренных значений возмущения вырабатывает управляющее воздействие; исполнительное устройство, которое непосредственно воздействует на объект управления.

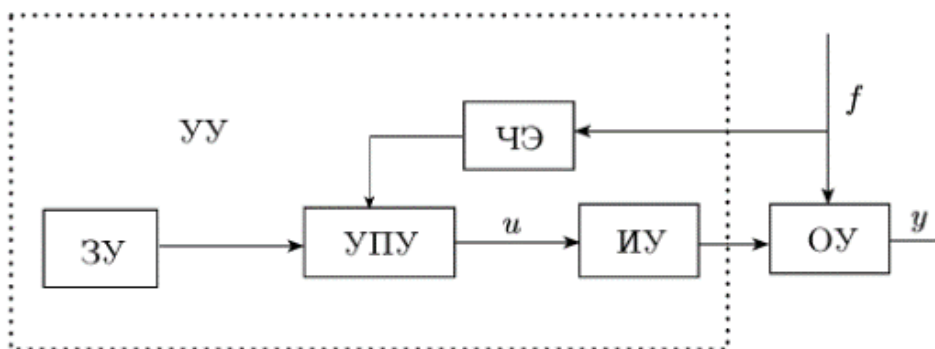


Рис. 1.6

Функциональная схема САУ по возмущению

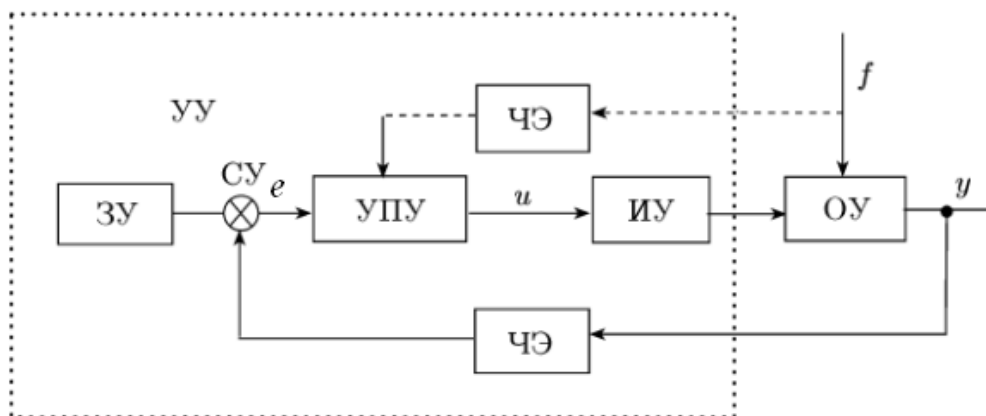


Рис. 1.7

Функциональная схема САУ с обратной связью (без штриховых линий) и с комбинированным управлением (со штриховыми линиями)

Управляющее устройство системы управления по отклонению (рис. 1.7 без штриховой линии), помимо задающего устройства, усилительно-преобразующего устройства и исполнительного устройства, содержит сравнивающее устройство (СУ), которое определяет ошибку e , равную или пропорциональную отклонению управляемой переменной от требуемого значения, и чувствительный элемент, предназначенный для измерения управляемой переменной.

Управляющее устройство системы комбинированного управления (рис. 1.7 со штриховой линией) по сравнению с управляющим устройством системы управления по отклонению включает дополнительно чувствительный элемент, предназначенный для измерения возмущения.

Иногда в САУ чувствительный элемент без промежуточных элементов (усилительно-преобразовательного и исполнительного устройств) непосредственно воздействует на объект регулирования. Такие системы регулирования называются системами прямого регулирования. В этих системах энергия, необходимая для изменения положения управляющего органа, поступает непосред-

ственно от ЧЭ. Следует отметить, что реакция управляющего органа на ЧЭ снижает его чувствительность, в результате чего ухудшается качество регулирования. Рассмотренная выше САР уровня бензина в карбюраторе является системой прямого регулирования.

Системы управления (регулирования), в которых между измерительным элементом и управляющим органом имеются усилительно-преобразовательные и исполнительные устройства, называются системами непрямого управления (регулирования).

1.4. Законы управления

Как было установлено выше, управляющее устройство состоит из различных элементов. Однако при разработке и исследовании алгоритмов управления обычно исполнительное устройство и другие элементы, обладающие инерционностью, объединяют с объектом управления, и блок-схему замкнутой системы управления представляют так, как это показано на рисунке 1.8.

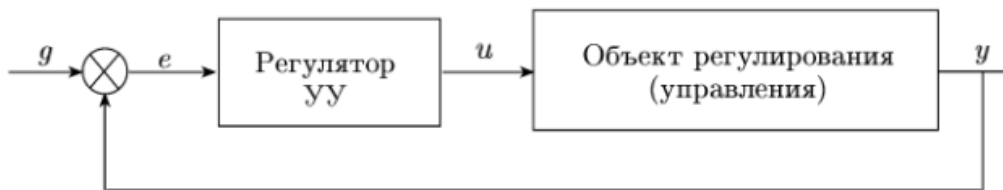


Рис. 1.8

Блок-схема замкнутой системы управления

Здесь под регулятором или управляющим устройством понимают преобразующее устройство, формирующее на основе ошибки e управляющее воздействие, а под объектом регулирования (управления) — собственно объект управления, объединенный с остальной (инерционной) частью управляющего устройства. Зависимость $u = F e$ выходной переменной регулятора от его входной переменной называется законом или алгоритмом управления. Здесь F — оператор.

В промышленных регуляторах находят применение следующие типовые законы управления и соответственно регуляторы:

– *пропорциональный закон* или П-закон (пропорциональный регулятор или П-регулятор)

$$u(t) = k_n e(t),$$

– *пропорционально-интегральный закон* или ПИ-закон (пропорционально-интегральный регулятор или ПИ-регулятор)

$$u(t) = k_n e(t) + k_u \int_0^t e(t) dt,$$

– *пропорционально-дифференциальный закон* или ПД-закон (пропорционально-дифференциальный регулятор или ПД-регулятор)

$$u(t) = k_n e(t) + k_o \frac{de(t)}{dt},$$

– *пропорционально-интегро-дифференциальный закон* или ПИД-закон (пропорционально-интегро-дифференциальный регулятор или ПИД-регулятор)

$$u(t) = k_n e(t) + k_u \int_0^t e(t) dt + k_o \frac{de(t)}{dt}.$$

Здесь k_n , k_n и k_d константы (передаточные коэффициенты). Как влияет каждое слагаемое в законе управления на управляемый процесс, как выбирается закон управления и определяются передаточные коэффициенты, будет рассмотрено позже при синтезе алгоритмов управления.

1.5. Классификация систем управления

Системы управления классифицируют по различным признакам.

По наличию или отсутствию обратной связи выделяют замкнутые и разомкнутые системы управления.

По виду задающего воздействия g различают системы стабилизации: $g = \text{const}$; системы программного управления: $g = g(t)$, т. е. задающее воздействие — заданная функция времени; *следающие системы*: задающее воздействие заранее не известно и определяется внешними факторами (например, в радиолокационной станции слежения за самолетом задающее воздействие определяется движением наблюдаемого самолета).

В зависимости **от использования текущей информации** системы управления делятся на обычные (неадаптивные) и адаптивные. Система управления называется *неадаптивной*, если текущая информация используется только для выработки управляющего воздействия при неизменном алгоритме управления. Система называется *адаптивной*, если текущая информация используется также для изменения алгоритма управления и/или задающего воздействия.

В зависимости **от вида сигнала на выходе элементов** системы управления делят на непрерывные и дискретные. Если сигнал на выходе какого-либо элемента квантован по уровню (т. е. принимает дискретные значения) и/или по времени (т. е. представляет последовательность импульсов), то система управления называется *дискретной*; в противном случае, т. е. когда выходные переменные всех элементов системы управления являются непрерывными функциями, система называется *непрерывной*.

По тому, **зависит характеристика** (свойство) системы управления **от времени** или нет, различают стационарные и нестационарные системы управления. Систему управления называют *стационарной*, если ее характеристика не зависит от времени, и *нестационарной*, если ее характеристика зависит от времени.

По **уравнениям**, которыми описываются системы управления, они делятся на линейные и нелинейные. Система управления называется *линейной*, если

она описывается линейными уравнениями, и *нелинейной*, если она описывается нелинейными уравнениями.

По характеру *внешних* (задающих и возмущающих) *воздействий* различают детерминированные и стохастические системы управления. Система управления называется *детерминированной*, если все воздействия являются детерминированными, и *стохастической*, если хотя бы одно воздействие является стохастическим (случайным).

На рисунке 1.9 представлена классификация систем автоматического управления.



Рис. 1.9
Классификация САУ

Глава 2

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АВТОМОБИЛЯХ

2.1. Система «водитель — автомобиль — дорога — среда»

Система «водитель — автомобиль — дорога — среда» (рис. 2.1) представляет собой систему управления, в которой *объектом управления* является автомобиль, а «*управляющим устройством*» — водитель. Дорога, по которой движется автомобиль, и окружающая среда оказывают на автомобиль и водителя *возмущающее воздействие* $f(t)$. Водитель при необходимости изменить параметры движения автомобиля (курс, скорость) вырабатывает на основе целей управления $g(t)$ и текущего состояния автомобиля *управляющее воздействие* $u(t)$. Текущее состояние автомобиля $y(t)$ водитель оценивает с помощью приборов (спидометр и др.) и собственных органов чувств — таким образом, в системе организуется *обратная связь*. В данной системе управления используется комбинированный принцип управления, так как водитель вырабатывает управляющие воздействия не только на основе текущего состояния автомобиля (принцип обратной связи), но и «возмущений», поступающих из внешней среды и от дороги, стараясь скомпенсировать их негативное влияние (принцип компенсации).

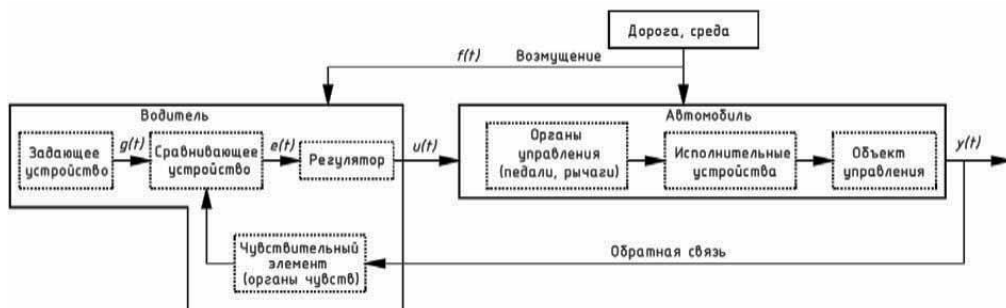


Рис. 2.1
Система «водитель — автомобиль — дорога — среда»

2.2. Гидроусилитель руля

Гидроусилитель руля (ГУР) предназначен для облегчения управления направлением движения автомобиля при сохранении необходимой обратной связи и обеспечении устойчивости и однозначности задаваемой траектории. Существует несколько различных конструкций ГУР, однако с точки зрения теории управления принципы их работы схожи.

Предполагается, что читатель знаком с устройством и работой ГУР. В противном случае это необходимо сделать, например, перейдя по ссылкам:

<http://www.autoprospect.ru/bmw/e38/1251principrabotygur.html>;

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=a3PC03qqXNA#;

<http://www.steeringsystems.ru/production/hps1/>

Рассмотрим принцип работы ГУР как системы управления на примере системы рулевого управления с золотниковым распределителем поступательного действия, встроенным в продольную рулевую тягу (подобная система используется на автомобиле ГАЗ3308 «Садко») и на примере рулевого механизма УАЗ33160 «УАЗПатриот» с золотниковым распределителем тангенциального типа.

2.2.1. Гидроусилитель руля с золотниковым распределителем поступательного действия

В гидроусилителе данного типа (рис. 2.2) используется золотниковый распределитель, состоящий из золотника 3 и корпуса распределителя 4. *Объектом управления* являются управляемые колеса автомобиля 8. *Задающее воздействие* $g(t)$ формируется водителем в виде поворота рулевого колеса на некоторый угол. Сошка 2 рулевого механизма 1 связана с золотником 3, который, перемещаясь в корпусе 4, открывает и перекрывает соответствующие каналы для рабочей жидкости. При нейтральном положении золотника в корпусе каналы соединены таким образом, что рабочая жидкость, нагнетаемая гидронасосом 6, попадает обратно в бак. При повороте рулевого колеса происходит поворот сошки и перемещение золотника в корпусе (*сигнал ошибки* $e(t)$). При этом соответствующие каналы распределителя перекрываются таким образом, что рабочая жидкость поступает под давлением в нужную полость гидроцилиндра 9, другая полость которого соединяется со сливом. Шток гидроцилиндра соединен с поперечной рулевой тягой 7, перемещение которой поворачивает колеса на определенный угол (*выходная переменная* $y(t)$). Обратная связь в данной системе реализуется с помощью продольной тяги 5, одним концом соединенной через рычаг с колесом, а другим — с корпусом распределителя 4. При повороте колеса корпус распределителя перемещается в сторону перемещения золотника, устраняя ошибку $e(t)$ до тех пор, пока не откроются каналы распределителя, соединяющие напорную магистраль гидронасоса со сливом в бак.

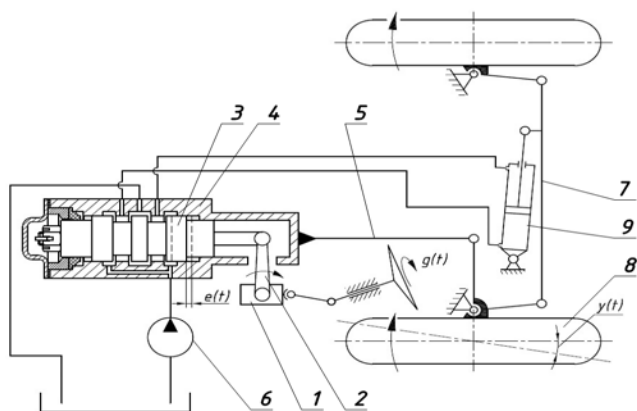


Рис. 2.2

Гидроусилитель руля:

1 — рулевой механизм; 2 — сошка; 3 — золотник; 4 — корпус распределителя; 5 — продольная рулевая тяга; 6 — гидронасос; 7 — поперечная тяга рулевой трапеции; 8 — управляемое колесо; 9 — гидроцилиндр.

В данной системе управления используется принцип управления по отклонению (принцип обратной связи). Эта система является следящей системой, поскольку задающее воздействие заранее неизвестно и определяется водителем.

2.2.2. Гидроусилитель руля с золотниковым распределителем тангенциального типа

В данном случае *задающее воздействие* $g(t)$ вырабатывается водителем в виде угла поворота рулевого колеса, которое непосредственно связано с входным валом 1 рулевого механизма (рис. 2.3). *Объектом управления* здесь можно считать выходной вал 5 механизма с установленной на нем сошкой. Следовательно, *выходной (управляемой) переменной* $y(t)$ является угол поворота выходного вала. *Управляющим устройством* в этой конструкции является золотниковый распределитель тангенциального типа. В зависимости от угла поворота входного вала 1 относительно гильзы 4, связанной с силовым винтом 3, в распределителе открываются или закрываются соответствующие каналы, обеспечивающие соединение полостей силового цилиндра 6 с напором или сливом гидравлической системы.

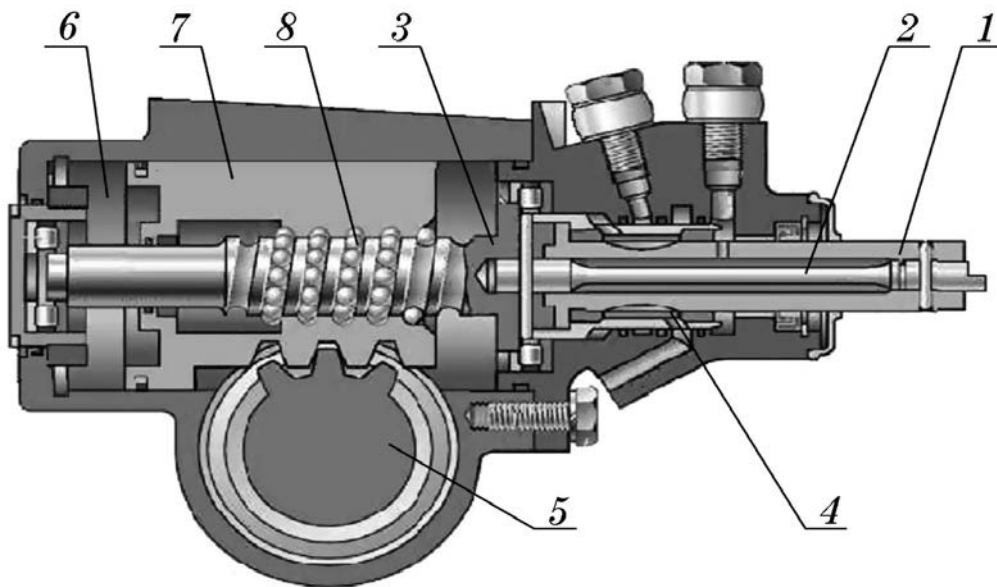


Рис. 2.3

Рулевой механизм УАЗ с гидроусилителем (31519340001110):

1 — входной вал (роотор золотника); 2 — торсион; 3 — силовой винт; 4 — гильза (корпус золотника); 5 — выходной вал; 6 — силовой цилиндр; 7 — поршень; 8 — шариковинтовая передача.

В результате действия давления жидкости поршень 7 перемещается в необходимую сторону и поворачивает выходной вал и сошку. Обратная связь реализуется с помощью торсиона 2, который упруго соединяет входной вал 1 и силовой винт 3. Рассогласование угла поворота входного вала 1 и силового

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru