**Раздел 7. Процессы управления и сети Петри**

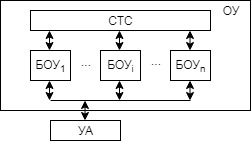
**7.1 Задание условий работы автомата в виде процесса управления**

**7.1.1. Понятие о технологическом и управляющем процессах**

Вопросы организации управляющих процессов и посторенние работы с сетями Петри довольно хорошо изложены в работе [4].

Сложные объекты управления, как правило, состоят из отдельных блоков (БОУ). При этом каждый блок обычно содержит один или несколько исполнительных механизмов (ИМ), обеспечивающих прием сигналов управления от управляющего автомата, и датчиков, которые вырабатывают и передают в УА сигналы о состоянии соответствующего блока ОУ.

При функционировании системы УА-УО в ней выполняются определенные процессы. В настоящее время существует ряд определений процесса. В данной книге под процессом понимается выполняемая совокупность действий, обеспечивающая направленное решение определенной задачи и могущая на основе исходного материала получить вполне определенный продукт. При этом можно выделить два основных типа процессов: детерминированный и стохастический. Если при применении для одного и того же исходного материала одного и того же детерминированного процесса будет получен один и тот же продукт, то для одного и того же исходного материала, применяя несколько раз один и тот же стохастический процесс, вообще говоря, можно получить различные продукты. Однако при многократном использовании для одного и того же исходного материала одного и того же стохастического процесса можно получить с определенной достоверностью в среднем один и тот же продукт. Этим свойством стохастического процесса широко пользуются, например, при проведении статистического моделирования. В данной книге рассматриваются только детерминированные процессы. Поэтому в дальнейшем всегда под процессом будем понимать детерминированный процесс.



**Рис.7.1 Взаимосвязь между БОУ**

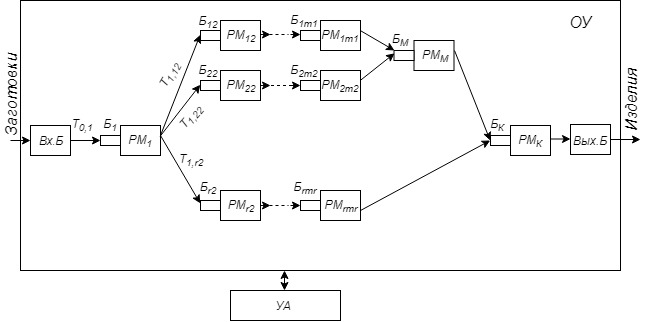
Частным случаем процесса может служить выполняемая на ЭВМ программа с обрабатываемыми данными. При этом исходным материалом в данном случае являются исходные данные, а продуктом – результирующие. Другим частным примером процесса может служить процесс изготовления какой-либо детали. В этом случае исходным материалом служит заготовка, а продуктом – сама деталь.

Следует заметить, что понятие процесса является понятием динамическим, т. е. процесс существует только в том случае, если происходит его выполнение. Поэтому говорят, что процесс зарождается, когда он начинает выполняться, и процесс умирает, когда его выполнение завершается.

Процессы могут выполняться как в ОУ, так и в УА.

Рассмотрим вначале процессы, выполняемые в ОУ.

Для обеспечения взаимосвязи различных БОУ как единого ОУ между БОУ создается система технологических связей (СТС) (рис. 7.1).



**Рис.7.2 Гибкая автоматизированная система по изготовлению изделия**

Рассмотрим пример гипотетической гибкой автоматизированной системы (ГПС) по изготовлению некоторого изделия (рис. 7.2). В цехе, где организуется ГПС, находятся рабочие места (РМ), на которых устанавливают станки со сменным набором инструментов, бункеры *Б* на входе каждого РМ, а также на входе в цех (входной бункер *Вх.Б*), куда поступает *r* разновидностей заготовок, необходимых для изготовления изделия. На выходе из цеха для хранения готовой продукции – изделий – также организуется бункер (выходной бункер *Вых.Б*). Для транспортировки заготовок между РМ имеются транспортеры *Tij*. Транспортер *T01* обеспечивает передачу заготовок к первому рабочему месту *РМ1*, на котором заготовки сортируются на *r* групп по числу разновидностей заготовок. Затем эти заготовки с помощью транспортеров поступают на *r* соответствующих линий РМ, где эти заготовки обрабатываются и превращаются в детали. На каждом *РМi* может быть выполнено *mi*  технологических операций по обработке заготовки. После получения необходимых деталей сначала могут собираться узлы изделия, а затем и все изделие. С последнего *РМk* , где осуществляется сборка деталей, готовое изделие поступает через транспортер в выходной бункер.

Для установки заготовок, деталей или изделий на транспортер и снятие их с транспортера каждый транспортер оборудуется специальным устройством захвата и перемещения тех или иных предметов.

Последовательность выполнения технологических операций на каждом *PMi* и последовательность транспортировки заготовок, деталей и узлов от одного рабочего места к другому, пока готовое изделие не будет помещено в выходной бункер, называют *технологическим процессом*.

Технологический процесс разрабатывается технологом исходя из особенностей изготовления того или иного изделия с учетом наличия парка оборудования, размещенного на рабочих местах *РМ1*, ..., *РМN*, бункеров и транспортеров.

Очевидно, совокупность РМ (с ИМ, датчиками Д и бункерами) и транспортеров будет составлять объект управления. При этом РМ являются блоками объекта управления, а транспортеры – системой технологических связей.

Для активизации тех или иных действий, необходимых для выполнения технологических операций и обеспечения заданной последовательности их работы (включение на РМ исполнительных механизмов и снятие показаний с датчиков, сигнализирующих о ходе и (или) завершении технологических операций), транспортировки заготовок, деталей и узлов с одного РМ на другое (включение ИМ, обеспечивающих включение и отключение транспортера, снятие заготовки, детали или узла с транспортера и помещение их на следующее РМ, в частности, в бункере этого РМ, если допускается задержка начала обработки заготовки на этом РМ) и т. д., создается система управления.

В качестве системы управления может использоваться УА. Тогда будем говорить, что система является автоматической системой управления.

Систему управления, которая строится на основе одной или нескольких ЭВМ и в процессе ее функционирования активную роль играет оператор (человек), будем называть *автоматизированной системой управления* (АСУ). Если АСУ обеспечивает управление *технологическим процессом* (ТП), ее называют АСУТП.

Выполняемый в УА или АСУ процесс, обеспечивающий управление технологическим процессом, будем называть *управляющим процессом* или *процессом управления*.

Технологический процесс и соответствующий ему управляющий процесс можно выделить в любой системе УА-ОУ (или АСУ-ОУ), в частности в узле коммутации (УК) сети связи, где в качестве ОУ можно рассматривать коммутационную систему, а в качестве АСУ или УА — программное управляющее устройство. В дальнейшем, если не будет особой необходимости, для простоты будем использовать в основном термин УА. Вместо понятия «технологическая операция» применительно к УК обычно используют понятие «операция по обслуживанию заявки (вызова) на установление соединения», вместо понятия РМ — блок или прибор коммутационной системы, а вместо транспортера — электрические соединения (в частности, промежуточные шнуры) коммутационной системы. При этом заданная последовательность выполнения отдельных операций по обслуживанию заявки на установление соединения может быть также названа технологическим процессом, хотя в автоматической электросвязи обычно используют другой термин – процесс обслуживания заявки (вызова) на установление соединения. В ряде случаев вместо технологического процесса удобно использовать термин «объектный процесс».

**7.1.2. Разновидности процессов**

В ОУ одновременно может выполняться несколько процессов или частей одного и того же технологического процесса. В этом случае будем говорить, что в ОУ выполняется несколько параллельных технологических процессов или один и тот же технологический процесс имеет несколько параллельных участков (технологических подпроцессов или частных технологических процессов). Так, в рассмотренном выше примере ГПС вначале выполняется один частный технологический процесс, связанный с транспортировкой заготовок на *PМ1* и сортировкой на нем заготовок на *r* групп. Затем параллельно выполняются *r* независимых друг от друга частных технологических процессов по изготовлению *r* различных деталей и их транспортировке. При сборке из них отдельных узлов и далее целого изделия эти частные технологические процессы вновь сходятся в один частный технологический процесс. Таким образом, в данном случае технологический процесс имеет как параллельные, так и последовательные частные технологические процессы.

Технологический процесс, в котором допускается одновременное (параллельное) выполнение частных технологических процессов, будем называть *параллельным технологическим процессом*. Технологический процесс, в котором отсутствуют частные технологические процессы, выполнение которых может быть осуществлено параллельно, будем называть *последовательным технологическим процессом*.

Легко понять, что если в ОУ параллельно выполняется *r* последовательных технологических процессов, то без ограничения общности для простоты будем считать, что в ОУ выполняется один параллельный технологический процесс с *r* параллельно выполняемыми частными технологическими процессами.

Аналогично *управляющий процесс* будем называть *параллельным*, если в нем допускается параллельное выполнение частных управляющих процессов. При этом так же, как и для технологического процесса, примем, что в УА выполняется один параллельный управляющий процесс, если в УА одновременно выполняется несколько управляющих процессов, которые будем называть *частными управляющими процессами*. Если в управляющем процессе нет параллельно выполняемых частных управляющих процессов (управляющих подпроцессов), то такой *управляющий процесс* будем называть *последовательным*.

С каждой технологической операцией, из которых состоит технологический процесс, в управляющем процессе может быть сопоставлена *процедура*, начало выполнения которой определяет начало выполнения соответствующей технологической операции, а ее окончание – завершение этой технологической операции.

Условно процедуру можно представить в виде трех частей: начальная, основная и заключительная. Начальная (пусковая) часть процедуры обеспечивает активизацию выполнения соответствующей технологической операции в ОУ. Основная часть (тело процедуры) управляет ходом выполнения технологической операции, а заключительная часть обеспечивает останов выполнения технологической операции. По окончании и в процессе выполнения технологической операции процедура при необходимости может обеспечить снятие показаний датчиков ОУ и в зависимости от их значений может обеспечить скорректированное продолжение выполнения этой технологической операции. В частности, в процедуре может быть предусмотрен контроль за правильностью выполнения в ОУ технологической операции после завершения каждой из трех указанных выше частей процедуры.

В качестве исполнительных механизмов ОУ могут использоваться разнообразные устройства и приборы, имеющие различные свойства.

По способу восприятия сигнала управления от УА исполнительные механизмы можно разделить на два класса: с фиксацией и без фиксации воздействия.

Примерами ИМ с фиксацией воздействия могут служить контакторы с механической или электрической блокировками, поляризованные реле, ферриды, триггеры и т.д.

При применении в объекте управления ИМ с фиксацией воздействия в УА может реализоваться такой процесс управления, процедуры которого имеют только две части: начальную, обеспечивающую включение некоторого ИМ, и заключительную, обеспечивающую выключение этого ИМ. Такой ИМ будем называть *пусковым*.

В данном случае предполагается, что после активизации технологической операции БОУ при включенном пусковом ИМ сам обеспечивает контроль за ходом ее выполнения и управляющему автомату необходимо после ее завершения только выключить пусковой ИМ, приостановив выполнение технологической операции, или просто установить факт завершения выполнения технологической операции, что обеспечивается заключительной частью процедуры. Такие БОУ будем называть *активным*.

Те БОУ, которые требуют со стороны УА постоянного управления и контроля за ходом выполнения технологической операции в нем, будем называть *пассивным*.

Пусть в качестве БОУ рассматривается электродвигатель с компрессором, нагнетающим воздух в резервуар. Если электродвигатель включается электромеханическим реле, т. е. пусковым ИМ, которое после срабатывания блокируется, то после подачи из УА сигнала включения пускового реле последнее запускает электродвигатель и, оставаясь заблокированным, обеспечивает непрерывную работу электродвигателя. Если при этом необходимо контролировать какие-либо параметры, например давление в резервуаре, создаваемое компрессором, приводимым в действие электродвигателем, то после создания необходимого давления в резервуаре датчик, сработав, отключит от электропитания электродвигатель, который после этого остановится. Если в резервуаре давление упадет ниже нормы, то датчик вновь создаст цепь электропитания электродвигателя. Таким образом, необходимое давление в резервуаре будет поддерживаться до тех пор, пока из УА не поступит сигнал выключения пускового реле – это есть пример активного БОУ.

*Управляющие процессы*, процедуры которых не имеют тела, а включают только начальную и заключительную части, будем называть *стартстопными*.

Частным случаем стартстопных управляющих процессов является процесс, процедуры которого имеют только начальные части. В этом случае УА подает только сигнал активизации выполнения технологической операции в БОУ, после чего БОУ работает автономно и выключается после завершения выполнения технологической операции. При этом предполагается, что время выполнения *i*-й технологической операции ограничено некоторым значением *ti*. Поэтому управляющему автомату нет нужды посылать в БОУ сигнал останова выполнения технологической операции. При этом в УА реализуется такой процесс, в котором после начала выполнения *i*-й процедуры переход к следующей за ней (*i* + 1)-й (соседней) процедуры произойдет через время *ti*.

Процесс, процедуры которого имеют только начальные части, а интервалы времени между двумя соседними процедурами π*i* и π*i+*1 составляют *ti*, будем называть *стартовым управляющим процессом*.

Стартовый процесс, у которого время *ti* постоянно и одинаково для всех соседних пар имеющихся в процессе процедур, будем называть *синхронным стартовым управляющим процессом*.

При реализации синхронного стартового управляющего процесса в УА, очевидно, необходимо иметь тактовый генератор.

Если время *ti* не является постоянным и тем более неопределенным, то стартовый управляющий процесс реализовать невозможно, поэтому вместо стартового процесса можно использовать стартстопный или обычный управляющий процесс с тремя частями в каждой процедуре. В этом случае будем говорить, что в УА реализуется *простой управляющий процесс*. Если в дальнейшем не будет специально оговорен вид процесса, то это будет означать, что подразумевается простой управляющий процесс.

Если реализуется в УА стартстопный управляющий процесс и длительности выполнения каждой из трех частей его процедур постоянны и одинаковы, то может быть реализован такой управляющий процесс, при котором моменты начала выполнения начальной и заключительной частей процедуры будут задаваться ТГ. В этом случае будем говорить, что в УА реализуется *синхронный стартстопный управляющий процесс*.

Синхронный стартстопный управляющий процесс можно использовать и в том случае, когда времена выполнения тела различных процедур различны, но возможно установить максимальное время выполнения тела процедуры. Тогда интервалы времени между сигналами от ТГ будут определяться этим максимальным временем. Если же времена выполнения тел процедур не только различны, но и непостоянны и неопределенны, то вместо синхронного стартстопного управляющего процесса можно использовать *квазисинхронный стартстопный управляющий процесс*, при котором выполнение заключительной части процедуры повторяется через равные интервалы времени, определяемые ТГ, до тех пор, пока не будет установлено, что тело процедуры выполнено, т.е. в ОУ закончено выполнение соответствующей технологической операции.

Вместо квазисинхронного стартстопного управляющего процесса в этом случае может быть использован и *асинхронный стартстопный управляющий процесс*. Однако в последнем случае из ОУ необходимо посылать сигнал об окончании выполнения технологической операции. При этом после завершения выполнения начальной части процедуры активизируется заключительная ее часть, которая ожидает появление на входе УА сигнала от ОУ об окончании соответствующей технологической операции.

Таким образом, при выполнении в УА асинхронного стартстопного управляющего процесса из ОУ должны посылаться в УА сигналы об окончании технологических операций. Если же реализуется синхронный стартстопный управляющий процесс, то эти сигналы имитируются ТГ.

Простой управляющий процесс также может быть синхронным и асинхронным.

Следует заметить, что в большинстве случаев целесообразно в УА реализовать смешанный управляющий процесс, в котором сочетаются все или часть указанных выше разновидностей управляющих процессов.

**7.1.3. Конкуренция процессов и этапы формирования управляющего алгоритма**

В процессе выполнения управляющий процесс использует программно-аппаратурные ресурсы УА. Так, для того чтобы в электронной управляющей машине ЭУМ или в ЭВМ выполнялась некоторая программа, должен использоваться процессор, заниматься один или несколько блоков оперативного запоминающего устройства. Возможно использование также и других ресурсов ЭУМ или ЭВМ.

В том случае, когда в машине используется многопрограммный режим работы, то один и тот же процессор, блок памяти или канал ввода-вывода может затребоваться различными программами. Поэтому возникает их конкуренция при занятии того или иного ресурса, в частности процессора.

При наличии нескольких процессоров конкуренция параллельно выполняемых в них программ (процессов) может возникнуть при занятии одного и того же блока ОЗУ. Конкуренция процессов может возникнуть и при управлении подачей деталей на одно и то же рабочее место, где производится их сборка, с *r* транспортеров от *r* рабочих мест, где параллельно под управлением частных управляющих процессов они изготовлялись.

Таким образом, конкуренция управляющих процессов может возникнуть не только от использования общих ресурсов УА, но и из-за общих ресурсов объекта управления.

Для того чтобы устранить конкуренцию параллельно выполняемых процессов при занятии некоторого общего ресурса, необходимо предусмотреть определенные меры.

*Процесс* (технологический, управляющий) будем называть *правильно построенным*, или *правильным процессом*, если в нем отсутствует конкуренция параллельных частных процессов из-за занятий общих ресурсов.

Легко понять, что если в технологическом и в управляющем процессах нет параллельно выполняемых участков (частных процессов, подпроцессов), то конкуренции частных процессов из-за общих ресурсов не может быть – общие ресурсы используются частными процессами последовательно. Таким образом, если в ОУ выполняется последовательный технологический процесс, т. е. процесс без параллельных участков, или такой параллельный технологический процесс, в котором параллельные участки (подпроцессы) не требуют общих ресурсов ОУ, то, очевидно, любой управляющий процесс для такого технологического процесса свободен от конкуренции из-за общих ресурсов ОУ. Если же в ОУ допускается выполнение параллельного технологического процесса, в котором при выполнении подпроцессов может возникнуть необходимость использования общего ресурса, то даже в последовательном управляющем процессе возможна конкуренция подпроцессов из-за общих ресурсов ОУ. В этом случае требуется перевод технологического процесса в правильный для обеспечения устранения конкуренции подпроцессов в управляющем процессе из-за общих ресурсов ОУ.

Однако не всегда целесообразно при формировании технологического процесса добиваться того, чтобы он был правильным. Может оказаться целесообразным перевод его в правильный осуществлять в процессе разработки управляющего процесса. При этом конкуренция подпропессов технологического процесса и подпроцессов управляющего процесса из-за общих ресурсов ОУ может быть устранена выполнением технологических операций, которые требуют одних и тех же ресурсов ОУ.

Если используется параллельный управляющий процесс, то в нем может быть конкуренция подпроцессов как за счет общих ресурсов ОУ, так и общих ресурсов УА.

Таким образом, в качестве исходных данных при построении правильного (корректного) управляющего процесса, а затем и управляющего алгоритма (алгоритма функционирования УА) служит технологический процесс, Процесс построения управляющего алгоритма на основе технологического процесса из-за сложности может быть представлен в виде двух основных этапов.

На первом этапе формируется управляющий процесс, в котором устраняются все конкуренции из-за общих ресурсов ОУ и УА. При этом на основе параллельного технологического процесса может быть построен как параллельный, так и последовательный управляющий процессы. На втором этапе на основе правильного (корректного) управляющего процесса формируется управляющий алгоритм (алгоритм функционирования УА), который рассматривается в виде условий работы УА и является исходным данным для его синтеза.