

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1. Объект исследования и его свойства

Объект исследования (ОИ) — условно изолированное целое, содержащее в себе совокупность протекающих в нем процессов и средств их реализации.

Средства реализации — совокупность систем управления и контроля и связи между ними и исследуемым объектом. Объект исследования характеризуется рядом свойств, важнейшие из которых: сложность, полнота априорной информации, управляемость и воспроизводимость.

Сложность — число состояний объекта исследования, которые в соответствии с целью исследования и принятой техникой эксперимента можно четко различить.

Объекты бывают:

- простые (два состояния — «да» или «нет»);
- сложные (много состояний).

В общем случае число C состояний ОИ равно

$$C = \prod_{i=1}^k n_i,$$

где n_i — число уровней i -го фактора; k — число факторов.

Априорная информация — информация об ОИ, известная до начала исследования, содержащаяся в монографиях, научных статьях, отчетах, описаниях открытий и изобретений, каталогах, справочниках.

Априорная информация об ОИ бывает:

- полная (об объекте известно все и экспериментальные исследования не нужны);
- ограниченная (информация об объекте существует, но недостаточна для достижения цели исследований; эксперимент необходим, чтобы дополнить существующие знания);

- нулевая (об объекте неизвестно ничего и экспериментальные исследования проводятся с целью установить присущие ОИ свойства и закономерности).

Управляемость — свойство, позволяющее изменять состояние объекта по усмотрению исследователя. ОИ бывают:

- управляемые (исследователь может изменять все входные величины);
- частично управляемые (исследователь может изменять не все входные величины, а только их часть);
- неуправляемые (исследователь не может влиять на ОИ, эксперимент в таком случае невозможен, возможно только наблюдение).

Воспроизводимость — свойство объекта переходить в одно и то же состояние, если все входные величины находятся на одном и том же уровне. Воспроизводимость может быть низкая и высокая.

Чем выше воспроизводимость, тем проще выполнять эксперимент и тем достовернее его результат.

Объектом исследования может быть не только физическое устройство, но и любой процесс, в том числе и технологический.

Любой технологический процесс можно представить в виде схемы [1], представленной на рис. 1.1.

На исходную технологическую операцию поступают материалы или заготовки. Пребывая на этой технологической операции некоторое время T_1 они, под действием некоторой затраченной энергии (точение, фрезерование, литье и т. д.) преобразуются в иной вид

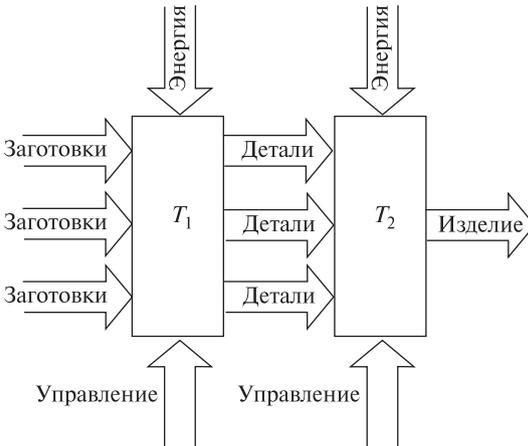


Рис. 1.1. Схематическое представление любого технологического процесса

(условно «детали»), которые поступают на следующую технологическую операцию. На следующей технологической операции детали подвергаются определенному энергетическому воздействию (сборка, монтаж, контроль и т. д.) в течение времени T_2 , где они преобразуются в иной вид (условно «изделие»). Это происходит до тех пор, пока на выходе технологического процесса получают готовый продукт. Однако помимо энергетических и временных затрат на каждой технологической операции необходимо обеспечить еще один неотъемлемый процесс, а именно процесс управления каждой технологической операцией.

Управления являются важной и неотъемлемой, хотя и не единственной частью любого технологического процесса.

Для осуществления управления необходимо иметь определенную совокупность сведений о производственном процессе или иными словами — определённый объём информации [2].

Различают два вида информации: начальную (или априорную) и рабочую.

Начальной информацией называют совокупность сведений об управляемой системе, необходимых для построения и функционирования данной системы управления, имеющейся в нашем распоряжении до начала её функционирования.

Системы, управления которыми производится лишь на основе априорной информации, могут выполнять лишь наиболее простые функции, например, включение и выключение агрегатов, подачу определенных сигналов по некоторой программе и т. д. Все эти функции управления представляют собой заранее определённые движения или сигналы, не зависящие от действительного хода производственного процесса или конкретного состояния агрегата.

Такое «слепое» и «глухое» управление не всегда приемлемо и приходится переходить к управлению с использованием рабочей информации.

Рабочей информацией называют совокупность сведений о состоянии процесса, получаемых в ходе самого процесса и используемых для управления. В автоматических системах рабочая информация получается в виде сигналов (дискретных или аналоговых), выполняемых специальными измерительными устройствами. Система управления преобразует поступающие на её вход от программного устройства или датчиков сигналы в управляющие воздействия. Основная задача такой системы — это соблюдение определённой зависимости между входными и выходными сигналами.

1.2. Классификация факторов и параметров, влияющих на ход технологического процесса

В процессе производства РЭС на различных этапах технологического процесса (ТП) изделие подвергается воздействию большого числа факторов, причем степень их влияния различна, а совокупное их воздействие приводит к большому разбросу электрофизических параметров изделий.

Для каждого процесса таких факторов может быть несколько десятков, а в течение всего производственного процесса изготовления изделие подвергается воздействию нескольких сотен технологических факторов. Поэтому анализировать весь ТП можно только на основе системного анализа с применением вычислительных систем.

Основным понятием при этом является понятие «большая система» или, в нашем случае, «большая технологическая система», т.е. совокупность происходящих физико-химических процессов, объектов обработки и средств для их реализации. В виде большой системы можно представить любой технологический процесс, который схематически можно изобразить в виде «черного ящика» (рис. 1.2). Входящие стрелки соответствуют входным, возмущающим и управляющим величинам, а выходящие — выходным величинам.

В теории эксперимента влияющие на процесс величины обычно называют *факторами*, а выходные — *параметрами*, *откликами*, *реакциями* и *целевыми функциями* [3].

Параметры характеризуют состояние объекта исследования.

Факторами обозначается все, что оказывает влияние на выходные величины.

Предполагается, что на момент проведения эксперимента внутренняя структура объекта и сущность связей между входными и

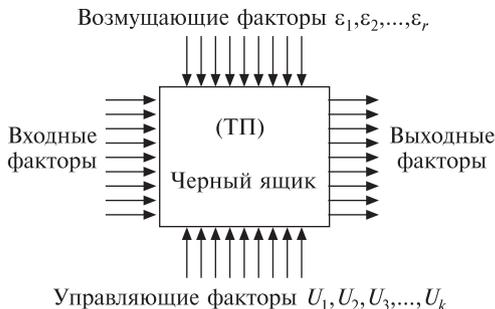


Рис. 1.2. Классификация факторов

выходными величинами исследователю неизвестны, о них он судит по тому, какие значения принимают выходные величины при данных значениях входных.

Правильный выбор параметров и факторов в значительной степени предопределяет успех исследования [4].

На рис. 1.2 выделены основные группы факторов, определяющих его течение и характеризующее его состояние в любой момент времени. Обычно выделяются следующие группы:

Входные факторы X_1, X_2, \dots, X_n , значения которых могут быть измерены, но возможность воздействия на них отсутствует. Значения указанных параметров не зависят от режима процесса.

Управляющие факторы $U_1, U_2, U_3, \dots, U_k$, на которые можно оказывать прямые воздействия с теми или иными требованиями, что позволяет управлять процессом (например, число исходных продуктов, температура, давление и т. д.).

Возмущающие факторы $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_r$, значения которых случайным образом изменяется во времени и которые недоступны для измерения. Это могут быть, например, различные примеси в исходном сырье.

Факторы и предъявляемые к ним требования. Фактор — переменная величина, оказывающая влияние на ОИ, вызывающая изменение параметров и способная изменить свое значение независимо от других входных величин объекта.

Факторы можно разделить на следующие три группы:

1) контролируемые и управляемые, которые можно измерять и устанавливать на соответствующем уровне, по желанию экспериментатора (подача и частота вращения вала насоса, напряжение питающей сети и т. д.);

2) контролируемые, но неуправляемые (температура окружающей среды, атмосферное давление и т. д.);

3) неконтролируемые и неуправляемые (случайные возмущения).

К факторам предъявляются следующие требования:

- фактор должен оказывать влияние на параметры ОИ;
- фактор не должен быть коррелирован с другими факторами;
- фактор должен быть количественным;
- совместимость — при всех сочетаниях их уровней эксперимент можно поставить и он будет безопасным;
- операциональность — экспериментатору должно быть известно, как, где, каким прибором и с какой точностью контролировать величину фактора;

- управляемость — экспериментатор должен иметь возможность устанавливать значение уровня фактора по своему усмотрению;
- точность установления уровня фактора должна быть существенно, по крайней мере, на порядок выше точности определения параметра;
- однозначность воздействия фактора на объект исследования.

Выходные параметры или параметры состояния Y_1, Y_2, \dots, Y_f , значения которых определяются режимом процесса и которые характеризуют его состояние, возникающее в результате суммарного воздействия входных, управляющих и возмущающих параметров.

Параметры и предъявляемые к ним требования. *Параметр* — величина, характеризующая состояние или поведение ОИ.

В инженерном эксперименте в качестве параметров принимают технические (коэффициент полезного действия, расход энергии, производительность машины, давление, напряжение и т. д.) или экономические величины (приведенные затраты, себестоимость, производительность труда и т. д.).

К параметру предъявляются следующие основные требования:

- параметр должен быть количественным и оцениваться числом. Для качественных параметров используются ранговые и условные показатели оценки;
- параметр должен обладать свойством совместимости — допускать безопасное проведение эксперимента при любом сочетании факторов. Недопустимо, чтобы при каком-либо сочетании произошла авария;
- параметр должен быть однозначным — данному сочетанию факторов с точностью до погрешности должно соответствовать одно значение параметра;
- параметр должен быть универсальным — характеризовать объект исследования всесторонне;
- желательно, чтобы параметр имел простой физический или экономический смысл, просто и легко вычислялся;
- рекомендуется, чтобы параметр был единственным. Исследовать объект, построить математические зависимости можно для нескольких параметров, оптимизация же может выполняться только по одному. Если параметров несколько, то рассматриваются компромиссные задачи. Выбирается основной, с точки зрения исследователя, параметр, а остальные используются для наложения соответствующих ограничений на объект.

По отношению к процессу входные и управляющие параметры можно считать внешними, что подчеркивает независимость их

значений от режима процесса. Напротив, выходные параметры являются внутренними, на которые непосредственно влияют режимы процесса.

Возмущающие параметры могут быть как внешними, так и внутренними. Действие возмущающих параметров проявляется в том, что параметры состояния процесса при известной совокупности входных и управляющих параметров характеризуются неоднозначно.

Процессы, в которых действие возмущающих факторов велико, называют *стохастическими*, в отличие от *детерминированных*, для которых предполагается, что параметры состояния однозначно определяются заданием входных и управляющих воздействий.

Одной из основных целей исследования технологических процессов, анализа существующих и синтеза новых технологий является решение задач оптимального управления технологическими процессами.

Оптимизация — это целенаправленная деятельность, заключающаяся в получении наилучших результатов при соответствующих условиях. Применительно к производству РЭА объектом оптимизации может быть любой типовой технологический или производственный процесс.

Решение любой задачи оптимизации начинают с выявления цели оптимизации, т. е. формулировки требований, предъявляемых к объекту оптимизации. От того, насколько правильно выражены эти требования, может зависеть возможность решения задачи.

Иногда задачу оптимизации формируют так: «получить максимальный выход продукции при минимальном расходе сырья». Такая постановка задачи в корне неверна, поскольку минимум сырья равенется 0, при этом ни о каком максимуме продукции не может быть и речи. Правильной постановкой задачи будет такая: «получить максимальный выход продукции при заданном расходе сырья».

Для решения задач оптимизации нужно располагать *ресурсами оптимизации*, под которыми понимают свободу выборов значений некоторых параметров оптимизируемого объекта (т. е. необходимо, чтобы у процесса имелись управляющие факторы (U_1, U_2, \dots, U_k)).

Иными словами, объект оптимизации должен обладать определенными степенями свободы, т. е. направлений, в котором он может изменяться. Понятие степени свободы, хорошо известное в термодинамике, можно распространить на любой технологический процесс и выразить соотношением

$$f = L - M,$$