

Качество регулирования

Качество является одной из важнейших характеристик, определяющих эффективность автоматических систем регулирования. Чтобы управлять качеством сложных технических систем, необходимо установить показатели качества и уметь их оценивать (определять).

Качество системы в общем виде можно представить некоторой функциональной зависимостью, зависящей от множества ее структурных, технических, аппаратных и эксплуатационных характеристик. Но решение такой задачи весьма сложно. На практике часто о качестве систем автоматического регулирования сложными технологическими процессами судят в первую очередь по их функциональным свойствам - совокупности точности в установившемся режиме и качества переходных процессов. Затухание переходных процессов в САУ, является необходимым, но далеко не достаточным условием практической пригодности системы. Необходимо учитывать такие показатели процессов регулирования, как длительность, колебательность, время первого согласования, собственную частоту колебаний и т.д.

Качество регулирования численно может быть оценено прямыми показателями качества, которые можно определить непосредственно из кривых переходных процессов САУ. Проблема определения прямых показателей качества переходных процессов с математической точки зрения сводится к построению переходного процесса путем отыскания общего решения неоднородного дифференциального уравнения, описывающего систему при заданных начальных условиях и воздействиях, что для линейных стационарных систем не представляет больших трудностей. Но для систем, описываемых уравнениями выше третьего порядка или нелинейными, получить решение инженерными методами не всегда возможно или оно оказывается трудоемким. Поэтому в теории регулирования большое применение находят приближенные методы анализа переходных процессов по косвенным критериям качества, позволяющим оценить характеристики переходного процесса без непосредственного решения дифференциальных уравнений системы. К ним относятся три вида: частотные, корневые, интегральные.

К основным прямым оценкам относятся следующие: δ -перерегулирование, t_n - время регулирования, d - декремент затухания, ω_0 - частота колебаний, n - число колебаний, которое имеет переходная характеристика за время регулирования t_n , t_p - время первого достижения установившегося значения переходного процесса, t_m - время достижения первого максимума.

Рассмотрим основные показатели качества систем управления, пользуясь характеристикой переходного процесса отработки единичного задающего воздействия $g(t)=1(t)$, показанной на рис.5.1.

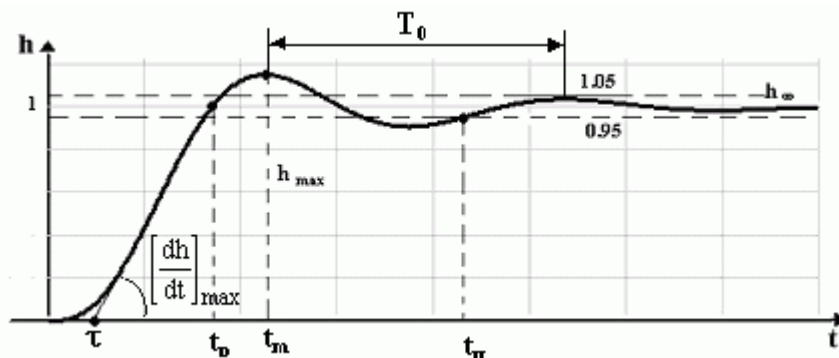


Рис. 5.1. Переходная характеристика $h(t)$

Для оценки качества работы системы введены следующие показатели.

1. Время переходного процесса или полное время регулирования t_p характеризует быстрдействие системы и определяется как интервал времени от начала переходного процесса до момента, когда отклонение выходной величины от ее нового установившегося значения становится меньше определенной достаточно малой величины, обычно составляющей $\pm 5\%$ от h_{∞} .
2. Максимальное отклонение управляемой величины, соответствующее времени t_m , от установившегося значения:

$$|h(t_m) - h(\infty)| = |h_{\max} - h_{\infty}| = \Delta_{\text{дин}}$$

где t_m - время установления первого максимума управляемой величины, характеризующее скорость изменения ее в переходном процессе.

$\Delta_{\text{дин}}$ представляет собой максимальную динамическую ошибку, определяющую точность системы в переходном процессе.

3. Перерегулирование определяется отношением максимального отклонения от установившейся величины в переходном процессе к установившемуся значению:

$$\sigma = \frac{|h_{\max} - h_{\infty}|}{h_{\infty}} \cdot 100\%$$

Перерегулирование характеризует склонность системы к колебаниям, то есть близость системы к колебательной границе устойчивости. В конечном итоге характеризует запасы устойчивости. Считается, что запас устойчивости достаточен, если лежит в пределах от 10 до 30%.

4. Время первого достижения регулируемой величиной заданного значения t_p служит одной из оценок качества регулирования САУ и определяется как интервал времени от начала переходного процесса до момента, когда регулируемая величина впервые достигает заданного значения.

5. Колебательность переходного процесса обычно определяется числом колебаний, равным числу минимумов кривой переходного процесса в интервале $[0, t_p]$ при ликвидации возмущения, или в случае отработки задания - числом перерегулирований за этот же интервал. Это число составляет обычно от 2 до 3.

5. Собственная частота колебаний системы $\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi}{T_0}$, где T_0 - период собственных колебаний системы.

6. Логарифмический декремент затухания системы d , характеризующий быстроту затухания колебательного процесса,

$d = \ln \left(\frac{a_i}{a_{i+1}} \right)$, где a_i и a_{i+1} - две амплитуды рядом расположенных максимумов кривой переходного процесса.

7. Максимальная скорость отработки управляемой величины $(dh/dt)_{\max} = \text{tg} \nu$.

8. Запаздывание в начале переходного процесса τ .

9. Статическая ошибка регулирования - отклонение регулируемой величины от заданного значения по окончании переходного процесса.

10. Динамическая ошибка регулирования - величина наибольшего отклонения регулируемого параметра от заданного значения (кроме начального отклонения).

В системах автоматического управления возможны переходные процессы, характер протекания которых отличен от указанного на рис.5.1. Все многообразие переходных процессов в системах автоматического управления можно разделить на три группы (рис.5.2):

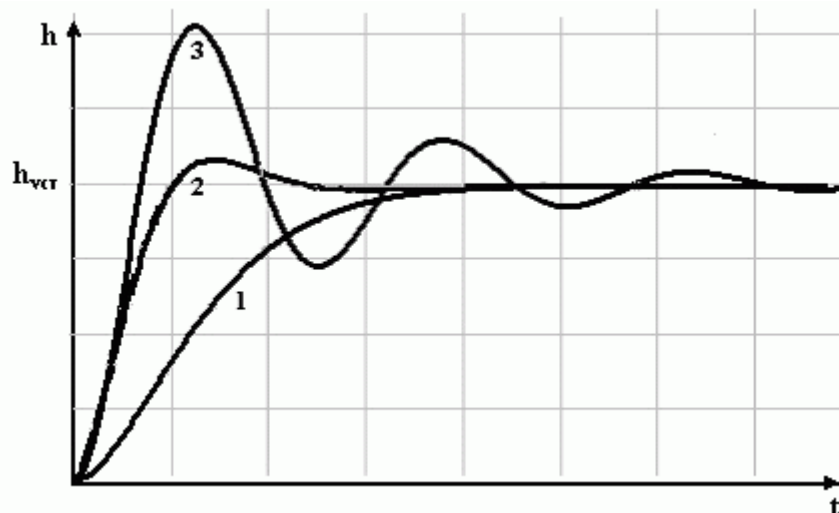


Рис.5.2. Переходные процессы

- монотонный процесс (1), когда скорость изменения управляемой величины (первая производная) не меняет знака в течение всего времени регулирования ($(dh/dt) \geq 0$ при $0 \leq t \leq t_p$);
- апериодический процесс (2), когда скорость изменения управляемой величины меняет знак не более одного раза за время регулирования.
- колебательный процесс (3), когда скорость изменения управляемой величины меняет знак периодически (более одного раза) за время регулирования.