

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Р.О. Кутергин<sup>1</sup>, А.В. Ачкасов<sup>1</sup>, Р.В. Тен<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе дано общее понятие определению переходных процессов. Определена важность умения анализировать и классифицировать переходные процессы. Уделено внимание основным понятиям и методам классификации переходных процессов. Представлены общие теоретические сведения для эффективного анализа переходных процессов и пример, демонстрирующий применение этих знаний

Ключевые слова: управление, информационная система, моделирование, база данных.

## CLASSIFICATION OF TRANSIENTS

R.O. Kutergin<sup>1</sup>, A.V. Achkasov<sup>1</sup>, R.V. Ten<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The paper gives a general concept of the definition of transients. The importance of the ability to analyze and classify transients is determined. Attention is paid to the basic concepts and methods of classification of transients. General theoretical information for effective analysis of transients and an example demonstrating the application of this knowledge are presented.

Keywords: management, information system, modeling, database.

### Введение

Переходные процессы возникают в системах при изменении их состояния, или параметров. Так же важно уточнить, что такие процессы представляют собой временные изменения, происходящие в системе в ответ на внешние, или внутренние воздействия. Для эффективного управления, проектирования и оптимизации различных систем нужно не только понимать, но и уметь классифицировать переходные процессы.

## Основные понятия

В системном анализе, когда мы разбираемся с тем, как управлять, проектировать и оптимизировать разные системы, понимание разновидностей классификации переходных процессов обязательный этап. Для начала нам нужно разобрать некоторые ключевые понятия, которые часто используются при определении переходного процесса.

Понятие переходного процесса указано во введении, дополнительно можно отметить, что это те моменты, когда система переходит от одного состояния к другому. Может быть, это изменение напряжения, скорости, или еще чего-то, что можно измерить в системе.

Установившееся значение – это значение параметра системы, к которому стремится система после завершения переходного процесса. Значение вполне может быть как постоянным, так и изменяемым со временем, в зависимости от самой системы и внешних факторов.

Время переходного процесса – это время, за которое система достигает установившегося значения после внесения изменений. Проще говоря, это время от момента изменения до того момента, когда система стабилизируется. Длительность переходного процесса в системе характеризует её быстродействие, а его характер определяет качество системы. За количественную характеристику длительности переходного процесса принимают время, необходимое выходному сигналу системы для того, чтобы приблизиться к своему установившемуся значению, т. е. время, по истечении которого выполняется равенство:

$$|h(t) - h_{st}| \leq \epsilon$$

где  $h_{st}$  – установившееся значение;

$\epsilon$  - наперёд заданное положительное число.

Перерегулирование – это мера отклонения параметров системы от установившегося значения при переходе. Перерегулирование может быть положительным или отрицательным. Положительное перерегулирование - это когда параметры временно превышают установившиеся значения, а отрицательное - когда они временно опускаются ниже установившегося значения.

Период колебаний представляет собой время, требуемое для завершения одного цикла колебаний параметров системы.

Амплитуда колебаний – это максимальное отклонение параметров системы от установившегося значения во время колебаний. Это ключевой показатель неустойчивости системы и её способности к саморегуляции.

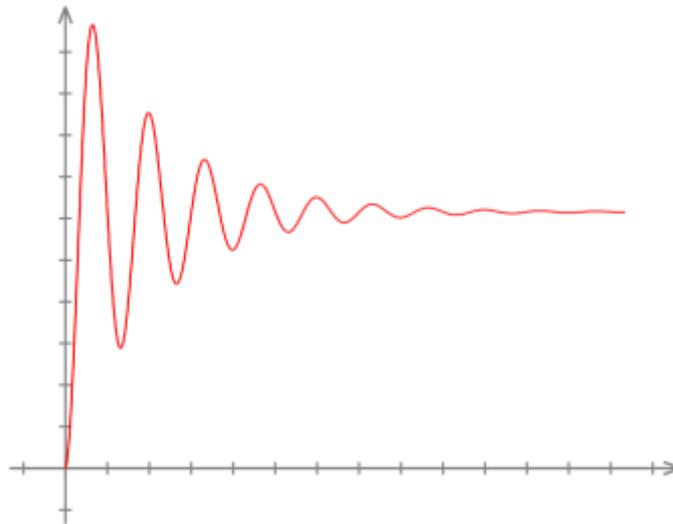


Рисунок 1 – Затухающие колебания

На рис.1 показан типичный переходный процесс, при котором некоторый параметр какое-то время колеблется вокруг установившегося значения.

Формула, описывающие протекание простейших переходных процессов (разряд конденсатора через резистор):

$$U(t) = U_0 e^{\left(-\frac{t}{\tau}\right)}, \tau = RC,$$

где  $U_0$  – значение напряжения на конденсаторе в момент перед началом переходного процесса;

$\tau$  – постоянная времени переходного процесса,  $C$  – ёмкость,  $R$  – сопротивление элементов цепей.

### **Классификация переходных процессов:**

Переходные процессы могут классифицироваться по таким критериям, как: изменения параметров системы, её тип, причины, вызывающие эти изменения.

- По характеру изменения параметров существуют синусоидальные, линейные, нелинейные переходные процессы. Первые характеризуются колебаниями параметров системы, аналогичными синусоидальной функции. Вторые характеризуются экспоненциальным изменением параметров системы после воздействия, а линейные и нелинейные процессы отличаются характером изменения параметров.

- По типу системы классифицируются линейные и нелинейные системы. В зависимости от линейности уравнений системы могут различаться типы переходных процессов. Ещё существуют стационарные и нестационарные

системы, отличием между которыми могут быть различающиеся характеристики.

- По причине возникновения существуют внешние воздействия (приложение внешних сил или сигналов к системе) и внутренние возмущения (изменение параметров системы, или возникновение нештатных ситуаций).

### **Пример переходного процесса:**

Для примера переходного процесса можно вообразить ситуацию из области электротехники про изменение напряжения в электрической цепи после внезапного включения или отключения нагрузки.

Для начала представим электрическую цепь, включающую источник питания и некоторую нагрузку (например, лампочку). Затем предположим, что лампочка служит прибором для освещения в квартире, который внезапно включается или выключается.

Когда кто-то включает лампочку, ток в цепи начинает увеличиваться, а это уже приводит к снижению напряжения на источнике питания и изменению яркости лампочки. Этот процесс изменения напряжения и яркости лампочки и будет являться переходным процессом.

По истечению некоторого времени, величина тока и напряжения в цепи стабилизируется на определенном уровне и яркость лампочки перестает изменяться. Это установившееся состояние, к которому система приходит после переходного процесса.

В этом примере наглядно исполняют свои роли и понятия, которые были рассмотрены нами ранее. Время, за которое яркость лампочки изменяется от начального уровня до установившегося значения, и система достигает устойчивого состояния, является временем переходного процесса. Момент, когда яркость временно превышает своё установившееся значение является перерегулированием, а амплитуда колебаний проявляется в разнице между максимальной и минимальной яркостью лампочки.

Такой, казалось бы, простой, но наглядный пример демонстрирует, как применение классификации переходных процессов позволяет анализировать и понимать динамику системы на практике.

### **Заключение**

В конечном итоге, понимание переходных процессов необходимо для управления, проектирования и оптимизации самых различных систем. Основные

понятия, рассмотренные в статье, дают инструменты для грамотной оценки динамики переходных процессов. Все эти концепции помогают нам разбираться в том, как системы реагируют на изменения и как мы можем улучшить их функционирование. Классификация переходных процессов помогает нам упорядочивать различные виды изменений в системах с целью более эффективного управления.

Подытожив, понимание и умение разбираться в классификации переходных процессов играет важную роль в создании стабильных и неприхотливых систем, что является ключом для реализации эффективной и нормально функционирующей системы.

### Список литературы

1. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. — М.: Высшая школа, 1978. — 415 с.
2. Пономарёв, 1974, § 5.7. Оценка запаса устойчивости и быстродействия по кривой процесса регулирования, с. 201—202.
3. Теоретические основы электротехники: учеб. пособие: в 5 ч. Ч. 4: Переходные процессы в линейных электрических цепях / О. И. Ключников, А. В. Степанов. Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2010. 100 с. URL: [https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12485/1/978-5-8050-0374-6\\_2010.pdf](https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12485/1/978-5-8050-0374-6_2010.pdf)
4. Глухих И. Н. Теория систем и системный анализ : учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2016. 148 с. URL: <http://iside.distance.ru/w/Books/66845.pdf>
5. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

### References

1. Venikov V. A. Transient electromechanical processes in electrical systems. — М.: Higher School, 1978. — 415 p.
2. Ponomarev, 1974, § 5.7. Assessment of the stability and performance margin according to the curve of the regulatory process, pp. 201-202.
3. Theoretical foundations of electrical engineering: studies. manual: at 5 p.m.
- 4: Transients in linear electrical circuits / O. I. Klyushnikov, A.V. Stepanov. Yekate-

rinburg: Publishing house of the Federal State Educational Institution of Higher Education "Russian State Prof. un-t", 2010. 100 p. URL: [https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12485/1/978-5-8050-0374-6\\_2010.pdf](https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12485/1/978-5-8050-0374-6_2010.pdf)

4. Glukhikh. I. N. Theory of systems and system analysis : textbook. 2nd ed., reprint. and add. Tyumen: Tyumen State University Press, 2016. 148 p. URL: <http://iside.distance.ru/w/Books/66845.pdf>

5. Poluektov A.V., Makarenko F.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling of systems and processes. - 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.