МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю

Проректор-директор ЭНИН ТПУ

_______________Боровиков Ю.С.

«___»__________________2012 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ОДНОКОНТУРНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Диагностика и надежность автоматизированных систем» для студентов направления 140100 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Томск 2012

УДК 681.516: 519-192 (076.5)

ББК 32.965 7 я 7

К 772

Кравченко Е.В.

Исследование статистических характеристик надежности одноконтурной автоматической системы регулирования. Методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Диагностика и надежность автоматизированных систем» для студентов направления 140100 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА. / Е.В. Кравченко. – Томск: Издательство Томского политехнического института, 2012. – 11с.

УДК 681.516: 519-192 (076.5)

ББК 32.965 7 я 7

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов Энергетического института №12 от «26» июня 2012

Заведующий кафедрой АТП,
канд. техн. наук, доцент ____________________Озерова И.П.

Рецензент профессор физико-математических наук, заведующий кафедрой теоретической и промышленной теплотехники Кузнецов Г.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ОДНОКОНТУРНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Цель работы: исследование влияния шумов на выходные характеристики сигнала в одноконтурной автоматической системе регулирования (АСР).

Задачи работы:

- определения характера случайной величины сигнала;
- нахождение статистических характеристик сигнала для одноконтурной АСР.

Объект исследования: одноконтурная система автоматического регулирования.

КРАТКОЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Случайные величины и их законы распределения. Ряд распределения. Многоугольник распределения. Функция распределения.

Случайной величиной называется величина, которая в результате опыта может принять то или иное значение, не известное заранее. Случайные величины бывают прерывного (дискретного) и непрерывного типа. Возможные значения прерывных величин заранее могут быть перечислены. Возможные значения непрерывных величин не могут быть заранее перечислены и непрерывно заполняют некоторый промежуток.

Пример дискретных случайных величин:

1) Число появления герба при трех бросаниях монеты. (возможны значения 0;1;2;3)

2) Частота появления герба в том же опыте. (возможные значения $0; \frac{1}{3}; \frac{2}{3}; 1$)

3) Число отказавших элементов в приборе, состоящем из пяти элементов. (Возможные значения величин 0;1;2;3;4;5)

Примеры непрерывных случайных величин:

1) Абсцисса (ордината) точки попадания при выстреле.

2) Расстояние от точки попадания до центра мишени.

3) Время безотказной работы прибора (радиолампы).

Случайны величины обозначаются большими буквами, а их возможные значения – соответствующими малыми буквами.

Например, X – число попаданий при трех выстрелах; возможные значения: $X_1=0$,$X_2=1$, $X_3=2$, $X_4=3$.

Рассмотрим прерывную случайную величину X с возможными значениями X_1, X_2, … , X_n. Каждое из этих значений возможно, но не достоверно, и величина X может принять каждое из них с некоторой вероятностью. В результате опыта величина X примет одно из этих значений, то есть произойдет одно из полной группы несовместных событий.

$$\begin{cases} X = x_1 \\ X = x_2 \\ \quad \dots \\ X = x_n \end{cases}$$

Обозначим вероятности этих событий буквами p с соответствующими индексами:

$$P(X = x_1) = p_1; P(X = x_2) = p_2; \dots ; P(X = x_n) = p_n$$

Так как несовместные события образуют полную группу, то

$$\sum_{i=1}^{n} p_i = 1,$$

То есть сумма вероятности всех возможных значений случайной величины равна 1. Эта суммарная вероятность каким-то образом распределена между отдельными значениями. Случайная величина будет полностью описана с вероятностной точки зрения, если мы зададим это распределение, то есть в точности укажем какой вероятностью обладает каждое из событий. (Этим мы установим так называемый закон распределения случайных величин.)

Законом распределения случайной величины называется всякое соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующей им вероятности. (Про случайную величину мы будем говорить, что она подчинена данному закону распределения).

Простейшей формой задания закона распределения случайной величины является таблица, в которой перечислены возможные значения случайной величины и соответствующие им вероятности.

Таблица 1.

X_i	X_1	X_2	…	X_n
P_i	P_1	P_2	…	P_n

Такую таблицу называют рядом распределения случайных величин.

Чтобы придать ряду распределения более наглядный вид прибегают к его графическому изображению: по оси абсцисс откладывают возможные значения случайной величины, а по оси ординат – вероятности этих значений. (Для наглядности полученные точки соединяют отрезками прямых линий.)

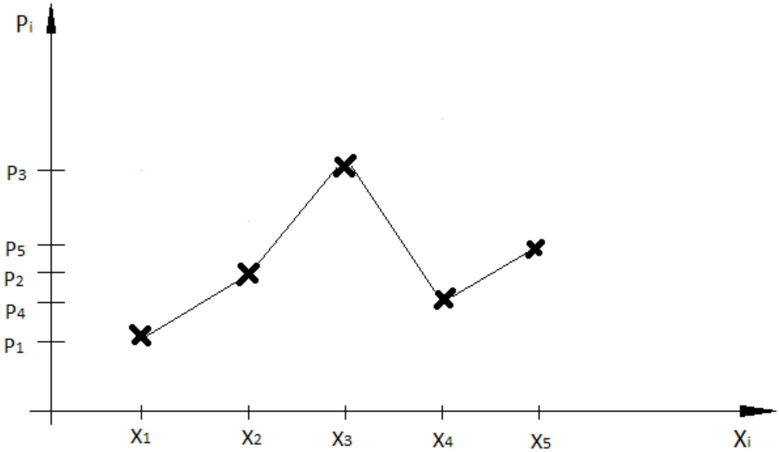

Рисунок 1 – многоугольник распределения

Такая фигура называется многоугольником распределения. Многоугольник распределения, так же как и ряд распределения, полностью характеризует случайную величину; он является одной из форм закона распределения.

Пример:

производится один опыт, в котором может появиться или не появиться событие A. Вероятность события A=0,3. Рассматривается случайная величина X – число появлений события A в данном опыте. Необходимо построить ряд и многоугольник распределения величины X.

Таблица 2.

X_i	0	1
P_i	0,7	0,3

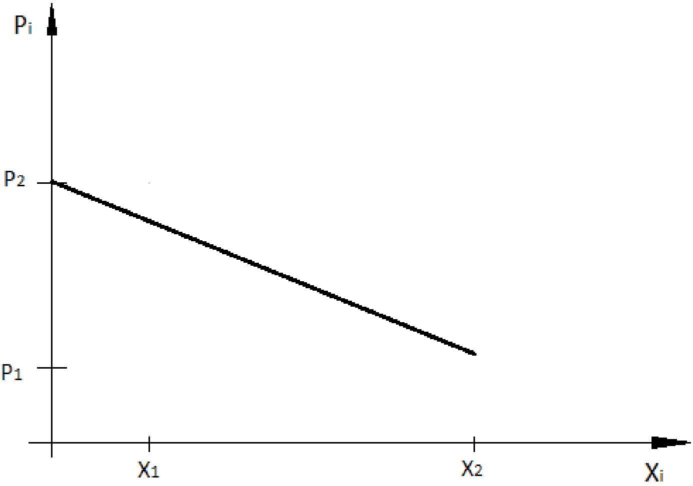

Рисунок 2 - Функция распределения

Функция распределения является универсальной характеристикой случайной величины. Она существует для всех случайных величин: как прерывных, так и не прерывных. Функция распределения полностью характеризует случайную величину с вероятностной точки зрения, то есть является одной из форм закона распределения.

Для количественной характеристики этого распределения вероятностей удобно воспользоваться не вероятностью события X=x, а вероятностью события X<x, где x – некоторая текущая переменная. Вероятность этого события, очевидно, зависит от x, то есть является некоторой функцией от x. Эта функция называется функцией распределения случайной величины X и обозначается F(x):

$$F(x)=P(X<x)$$

Функцию распределения F(x) иногда также называют также интегральной функцией распределения или интегральным законом распределения.

Свойства функции распределения случайной величины

1. Функция распределения F(x) есть неубывающая функция своего аргумента, то есть при $x_2 > x_1$; $F(x_2) \geq F(x_1)$
2. На минус бесконечности $F(x) = 0$: $F(-\infty) = 0$

3. На плюс бесконечности $F(x) = 1$: $F(+\infty) = 1$

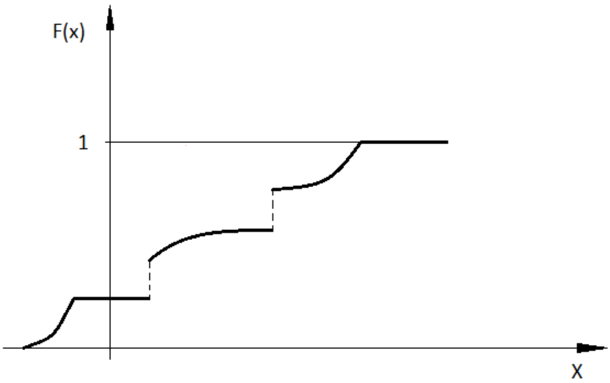

Рисунок 3 – график функции распределения

График функции распределения в общем случае представляет собой график неубывающей функции, значения которой начинаются от 0 и доходят до 1.

Знаая ряд распределения случайной величины, можно построить функцию распределения случайной величины.

Пример:

для условий предыдущего примера построить функцию распределения случайной величины.

Построим функцию распределения X:

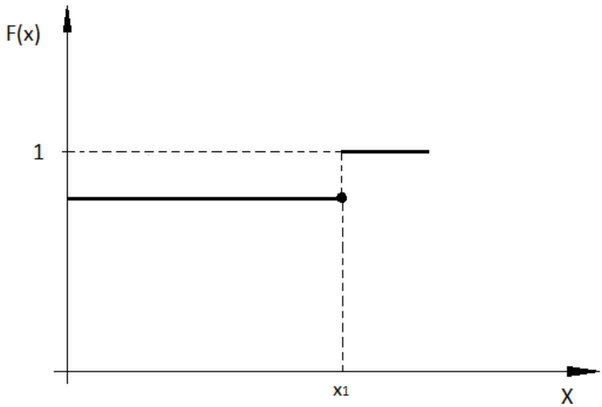

Рисунок 4 – функция распределения X

1) При $x \le 0,\ F(x) = P(X < x) = 0$

2) При $0 \le x < 1,$
$F(x) = P(X < x) = P(x = 0) = 0{,}7$

3) При
$x > 1,\ F(x) = P(X < x) = P(x = 0) + P(x = 1) = 1$

Функция распределения любой прерывной дискретной случайной величины всегда есть разрывная ступенчатая функция, скачки которой происходят в точках, соответствующих возможным значениям случайной величины и равны вероятностям этих значений. Сумма всех скачков функции распределения равна 1.

По мере увеличения числа возможных значений случайной величины и уменьшения интервалов между ними, число скачков становится больше, а сами скачки – меньше:

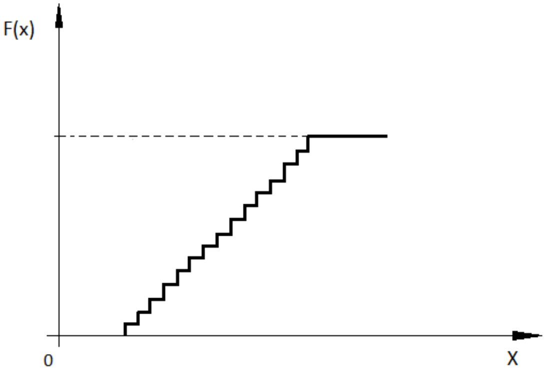

Рисунок 5

Ступенчатая кривая становится более плавной:

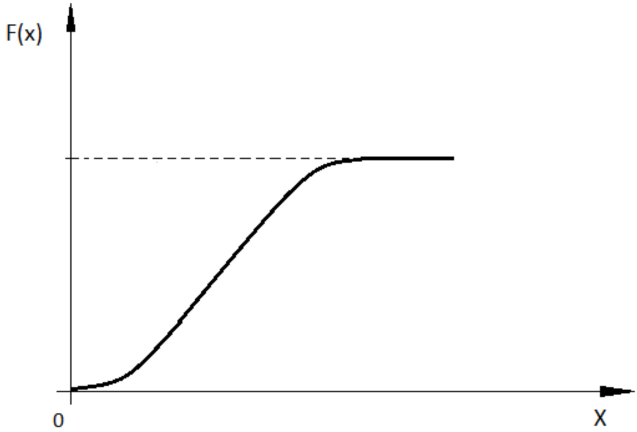

Рисунок 6

Случайная величина постепенно приближается к непрерывной величине, а ее функция распределения к непрерывной функции. Также существуют случайные величины, возможные значения которых непрерывно заполняют некоторый промежуток, но для которых функция распределения не везде является непрерывной. И в отдельных точках терпит разрыв. Такие случайные величины называются смешенными.

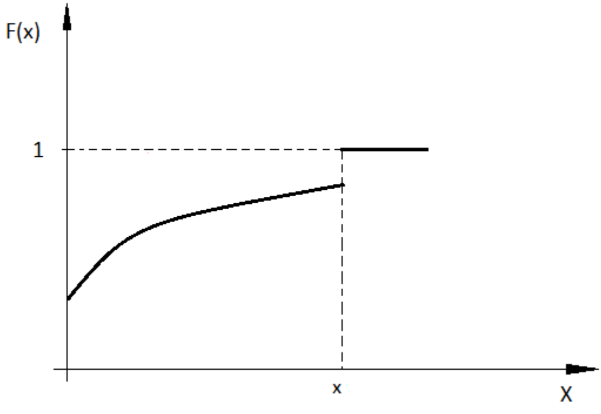

Рисунок 7

Методические указание к работе

Автоматические системы регулирования широко применяются при автоматизации технологических процессов на различных объектах. Структурная схема АСР приведена на рисунке 8. Система регулирования состоит из управляющего устройства, регулирующего органа и объекта регулирования.

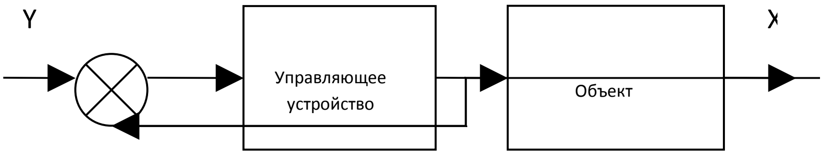

Рисунок 8 Структурная схема АСР

Выходная величина зависит от входного значения и сигнала поступающего от регулирующего органа. Вероятность появления в замкнутой системе помех приблизительно равна единицы. Поэтому возникает задача определения статистических характеристик одноконтурной автоматической системы регулирования.

Задания для практической работы

Дано:

- выходной сигнал;
- вероятности появления выходного сигнала.

Требуется:

- определить характер случайной величины;
- построить многоугольник распределения;
- построить функцию распределения.

Исходные данные

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X1	0,8	1,3	1	2,5					
2	X2					4	3,3	3	2,4	1,6
3	X3	0,2	1,5	2	2,2					
4	X4					5	2,5	2	1,3	1,1
5	P1	0,08	0,11	0,15	0,2	0,21	0,14	0,07	0,03	?
6	P2	0,02	0,05	0,09	0,15	0,3	0,13	0,1	?	0,0

										3
7	Р3	0,04	0,1	0,08	?	0,28	0,1	0,1	0,05	0,03
8	Р4	0,03	0,12	0,1	0,22	?	0,18	0,11	0,07	0,02
9	Р5	0,05	0,09	0,11	0,18	0,26	?	0,12	0,09	0,06

Варианты заданий

вариант	данные	вариант	данные	вариант	данные	вариант	данные
1	1,2,5	8	1,4,7	15	2,3,9	22	3,2,6
2	1,2,6	9	1,4,8	16	3,4,5	23	3,2,7
3	1,2,7	10	1,4,9	17	3,4,6	24	3,2,8
4	1,2,8	11	2,3,5	18	3,4,7	25	3,2,9
5	1,2,9	12	2,3,6	19	3,4,8	26	2,1,5
6	1,4,5	13	2,3,7	20	3,4,9	27	2,1,6
7	1,4,6	14	2,3,8	21	3,2,5	28	2,1,7

В отчете представить:

- многоугольник распределения случайной величины выходного сигнала одноконтурной АСР;
- функцию распределения случайной величины выходного сигнала одноконтурной АСР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ястребенецкий М. А., Иванова Г. М. Надежность АСУ ТП. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 264 с.

2. Андык В.С. Теория автоматического управления. Учебное пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического института, 2005. – 108с.