

*Кузнецов Иван Юрьевич, магистрант,
Донской государственный технический университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону*

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОШИБКИ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Аннотация: Статья посвящена получению математической модели, описывающей зависимость ошибки выходных сигналов устройства управления от факторов, воздействующих на устройство. Методы исследования: метод распространения Гаусса, библиографический анализ, линейный регрессионный анализ. В ходе исследования выявлены факторы, в наибольшей степени влияющие на размер отклонения выходных сигналов от ожидаемых. Результатом работы является математическая модель, описывающая зависимость отклонения полученных выходных сигналов от ожидаемых, при воздействии различных факторов, с допустимой для инженерных расчётов ошибкой.

Ключевые слова: статистический анализ, распределения Гаусса, шаговые двигатели.

Annotation: The article is devoted to obtaining a mathematical model describing the dependence of the error of the output signals of the control device on the factors affecting the device. Research methods: Gauss distribution method, bibliographic analysis, linear regression analysis. In the course of the study, the factors that most influence the size of the deviation of output signals from the expected ones were identified. The result of the work is a mathematical model describing the dependence of the deviation of the received output signals from the

expected ones, under the influence of various factors, with an error acceptable for engineering calculations.

Key words: statistical analysis of the Gaussian distribution of stepper motors.

Введение. Для разрабатываемого устройства управления шаговыми двигателями [1] требуется определить ошибку выходного сигнала. Также для расчёта ошибки необходимо уравнение, учитывающее внешние факторы, влияющие на устройство. Получение математического уравнения, описывающего корреляционные связи между внешними факторами и ошибкой, позволит определить оптимальные условия функционирования устройства.

Рациональный метод получения математической модели для устройства – статистический анализ, где единственный выходной фактор - это разность полученных вольт-временных диаграмм и ожидаемых аналитически-рассчитанных диаграмм. Входными данными модели выступают факторы, которые в значительной мере влияют на ошибку.

Подготовка факторов исследования. Как говорилось ранее: выходной фактор — это отношение полученной вольт-временной диаграммы к ожидаемой. Математический смысл вышесказанного предложения- это разность Y (рис 1. в) реально полученного интеграла фигуры с одной выходной линии QY (рис. 1.б) (включает четыре вывода $Q1-Q4$ (рис. 1. б)) устройства и интеграл, полученный с ожидаемой фигуры QY' (рис. 1. а). Под фигурами понимаются результирующие графики при наложении вольт-временного графика со всех выводов одной выходной линии устройства за один цикл. Под циклом понимается прохождение лог. «1» по всем выводам, без повторений выводов. Так как допуск на погрешность инженерных расчётов 10%, то и диапазон принимается, как 10 %.

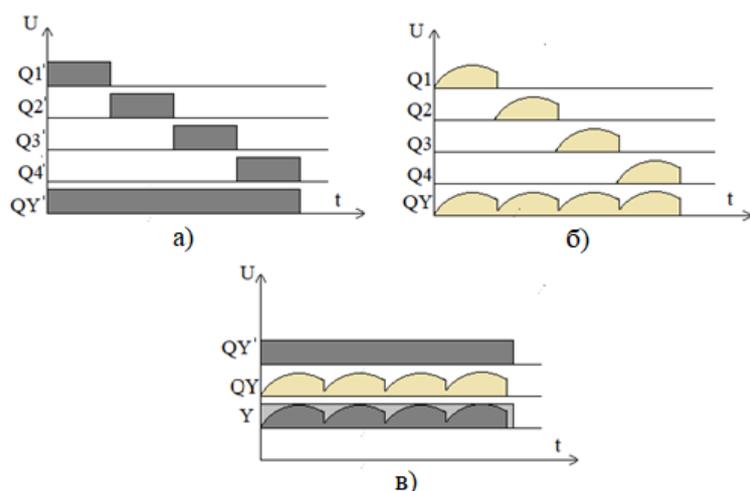


Рис. 1. – Выходные вольт-временные диаграммы устройства

В математической модели факторы подбираются согласно цели исследования и от возможности получения необходимой и достоверной информации. Библиографическим обзором [2; 3] найдены факторы, участвующие в формировании ошибки выходных сигналов. Перечень факторов, единицы и диапазоны их измерения, а также характеристика влияния указаны в таблице 1.

№ п/п	Наименование выходного фактора(его буквенное обозначение)	Характер влияния	Исслед. обл, ед.изм.
1	Напряжение питания(U_0)	↓	4,75...5,25 В
2	Внешняя температура($T_{внеш.}$)	↓	-10...+70 Град. Цельсий
3	Количество задействованных линий($N_{линий}$)	↓	1...4 шт.
4	Квалификация сборщика (ХРч.сбор.)	↓	32...55 Балл
Выходной	Отклонение от ожидаемого результата (D)		1...10 %

Таблица 1. Перечень факторов, единицы и диапазоны их измерения, а также характеристика влияния участвующие в формировании ошибки выходных сигналов

С учётом результатов экспертной характеристики составлен список факторов, вошедших в математическое уравнение в порядке убывания значимости: напряжение питания, внешняя температура, количество

задействованных линий, квалификация сборщика. Выходной фактор находится в обратной зависимости относительно всех заявленных факторов. Использование законов распределения Гаусса возможно только при некотором изменении заявленных областей изменения факторов, а именно:

«Напряжение питания» указывает на фактическую напряжённость между клеммами питания вычислительной части устройства управления, значения поднимаются, как экспонента в степени значения.

Значения фактора «Внешняя температура» отражают среднюю температуру вокруг устройства, значения принимаются увеличенными на 20 единиц.

Граничные значения выходного фактора принимаются, как максимально-допустимая погрешность инженерных расчётов. Значения фактора принимаются, как разница полученного интеграла к ожидаемому, по модулю

Результаты исследования. Ввиду отсутствия натуральной модели устройства, для факторов необходимо получить гипотезы рядов распространения. Обучающая выборка для 20 опытов подбирается согласно закону нормального распространения Гаусса. Полученные гипотезы рядов удовлетворяют требованиям коэффициента среднеквадратичного отклонения <33%, критерию асимметрии $|<1|$, критерию абсциссы $|<0,1|$.

Результаты построения математических моделей показали, что критерии соответствия характера и степени удовлетворяются только для моделей полинома квадратного корня и линейного полинома, окончательный выбор модели определили параметры коэффициентов множественной корреляции и значения статистики. Выбрана модель полинома квадратного корня (1) со значением статистики 106,352:

$$Y = 222.66699 - 18.79507489 * \sqrt{U_0} - 15.89531555 * \sqrt{T_{\text{внеш.}}} \\ - 3.643924484 * \sqrt{N_{\text{линий}}} - 0.004166828045 \\ * \sqrt{X_{\text{Рч. сбор.}}} \quad 1)$$

Проверка уравнения показала среднее отклонение рассчитанных выходных параметров в 3,5%, относительно выходных параметров обучающей выборки. Для проверки ошибки использована формула:

$$\delta = \frac{|Y^i - Yi|}{Y^i} \times 100\%$$

Y^i – рассчитанный уравнением (1) результат выходного параметра по i обучающей выборке,

Yi – результат выходного параметра i обучающей выборки.

Для установления значительности ошибки отклонения математической выборки составлено уравнение(2) описывающие диапазоны влияния, если ошибка полностью повлияла на вещественные оценки соседних в уравнении(1) факторов:

$$\begin{cases} a_{x1} \times 100\% - \delta > a_{x2} \times 100\% + \delta \\ a_{x2} \times 100\% - \delta > a_{x3} \times 100\% + \delta \\ a_{x3} \times 100\% - \delta > a_{x4} \times 100\% + \delta \end{cases} \quad 2)$$

a_{xi} – вещественная оценка i фактора, полученная уравнением (1),

де: δ – средняя ошибка уравнения (1).

Принимая во внимание уравнение (1) и полученную среднюю ошибку, уравнение (2) принимает вид:

$$\begin{cases} 18.795 \times 0.965 > 15.895 \times 1.035 \\ 15.895 \times 0.965 > 3.643 \times 1.035 \\ 3.643 \times 0.965 > 0.004 \times 1.035 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 18.137 > 16.451 \\ 15.338 > 3.770 \\ 3.515 > 0.004 \end{cases}$$

Полученное уравнение выполняется, что является доказательством отсутствия влияния ошибки в 3,5% на полученные оценки значимости входных параметров.

Заключение. Получено уравнение описывающие ошибку устройства управления шаговыми двигателями от входных параметров. Это позволит уточнить оптимальные параметры использования устройства, рационализируя использование устройства в мехатронной и робототехнических комплексах и системах.

Вещественная оценка влияния факторов указывает на приоритетные для выполнения оптимальных значений факторы, с целью уменьшения затрат на производство и эксплуатацию.

Библиографический список:

1. Кузнецов И.Ю., Детистов В.А. Анализ схем четырехтактного распределителя импульсов для управления шаговым двигателем // Молодой исследователь Дона. - 2020. - №1. - С. 37-41.

2. Кузнецов И.Ю. Анализ факторов влияющих на силу тока устройства управления шаговыми двигателями // Студенческий вестник. - 2020. - №3. - С. 78-81.

3. ГОСТ 18725-83. Микросхемы интегральные. Общие технические условия (с изменениями № 1, 2, 3, 4): Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 5.10.83 N 4767/ URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-18725-83> (дата обращения: 09.12.2019). –Текст: электронный.