

ВОЛКОВ А. В., ТРОЯНСКИЙ А. В., ШИШОВ О. В.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НАТРИЕВЫХ ЛАМП ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Аннотация. Рассматривается система контроля качества натриевых ламп высокого давления. Предлагается внесение корректировок в технологический процесс на основе применения метода сингулярного разложения.

Ключевые слова: натриевые лампы, система контроля качества, сингулярное разложение.

VOLKOV A. V., TROYANSKIY A. V., SHISHOV O. V.

**APPLICATION OF SINGULAR VALUE DECOMPOSITION
FOR QUALITY CONTROL OF HIGH-PRESSURE SODIUM LAMPS**

Abstract. The article considers the quality control system for high-pressure sodium lamps. To improve the technological process, an approach based on singular value decomposition is developed.

Keywords: sodium lamps, quality control system, singular value decomposition.

В городе Саранске сконцентрировано несколько производственных и исследовательских предприятий светотехнической промышленности. Одним из них является ООО «Рефлекс-С», выпускающее натриевые лампы высокого давления. После изготовления лампы должны пройти процесс стендовых испытаний и разбраковки. Испытания заключаются во включении ламп на заданное время с контролем их параметров. Испытательный стенд представляет собой круговой конвейер – «карусель», на которую лампы устанавливаются и зажигаются. Время полного поворота «карусели» задает длительность испытаний. На последней позиции «карусели» производится измерение напряжения на лампе, по которому можно судить о ее годности.

До настоящего времени контроль напряжения на лампе осуществлялся оператором визуально, что приводило к появлению ошибок в работе и затрудняло анализ причин появления брака. В связи с этим были поставлены задачи по автоматизации проведения испытаний ламп и оценки их годности. Автоматизированная система должна была обеспечивать визуализацию хода испытаний, перестраиваться с одного типа испытуемых ламп на другие, вести архивы результатов испытаний, передавать данные на персональный компьютер мастера участка для вывода статистической информации в графическом виде. Кроме того, должна была предусматриваться возможность сравнения модели «идеальной» лампы с моделью, построенной на основе массива измерений.

В результате, прежде всего, была реализована автоматизированная система контроля параметров с использованием современных средств автоматизации (рис. 1). В ее состав вошли промышленный контроллер, операторная панель, измерительные модули, модуль архивации. В конечном итоге архивы (массивы накопленных экспериментальных данных) формируются в персональном компьютере в виде файлов, которые можно обрабатывать.

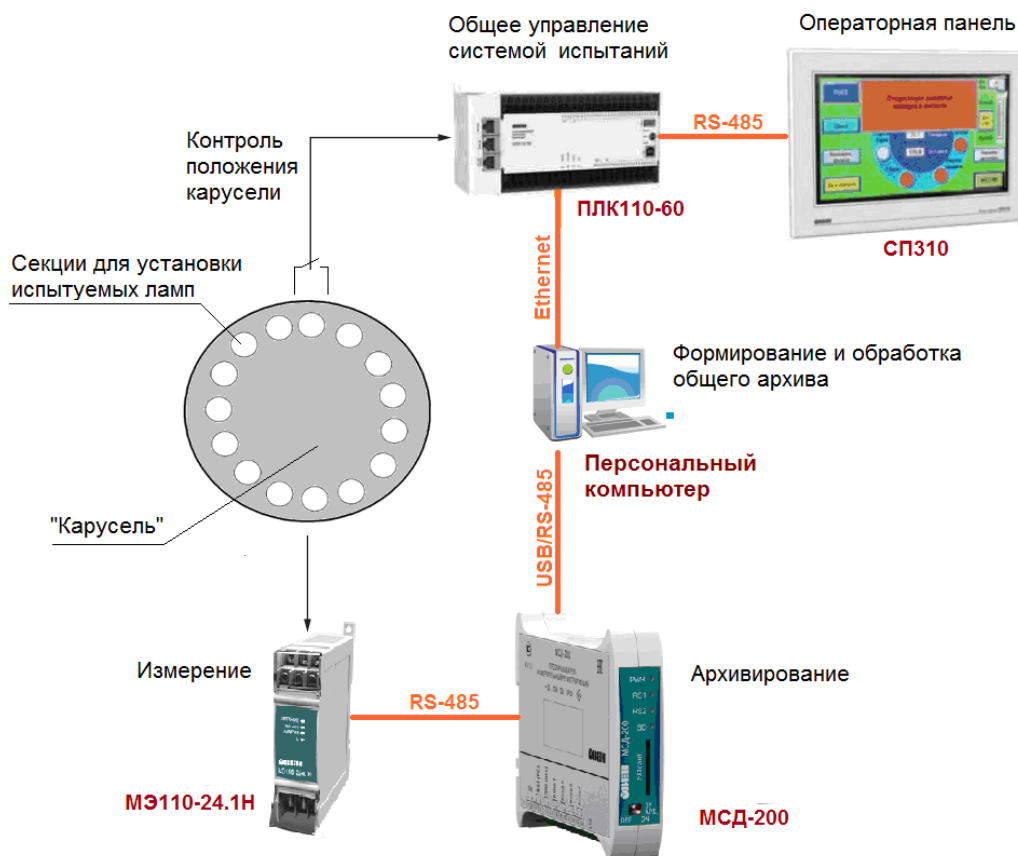


Рис. 1. Функциональная схема системы контроля качества.

Целью работы – научиться анализировать массивы данных, делать выводы и давать рекомендации по внесению коррекции в технологический процесс. При этом сразу было понятно, что проводить какой-либо анализ и пользоваться его результатами можно, только если мы будем уверены в стационарности и эргодичности случайного процесса распределения значений напряжения на лампах в установившемся режиме.

При анализе характера распределения массива измеренных значений использовалось выделение трендовых и периодических составляющих числовых рядов в рамках метода сингулярного разложения. Метод не предусматривает знания параметрической модели ряда и позволяет работать с зашумленными нестационарными временными рядами (измеренными значениями падения напряжения на лампе). Он, в частности, позволяет выделять

амплитудно-модулированные гармонические составляющие, что выгодно отличает его от методов, построенных на разложении Фурье [3].

Для реализации сингулярного разложения был использован пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB. В частности, была применена стандартная функция SVD (Singular Value Decomposition).

На рисунке 2 приведены результаты разложения исходных данных на периодическую и случайную составляющие. Они характеризуют отклонение напряжения на лампах от ожидаемого значения. Синей линией выделена периодическая составляющая напряжения, а зеленой – случайная составляющая напряжения.

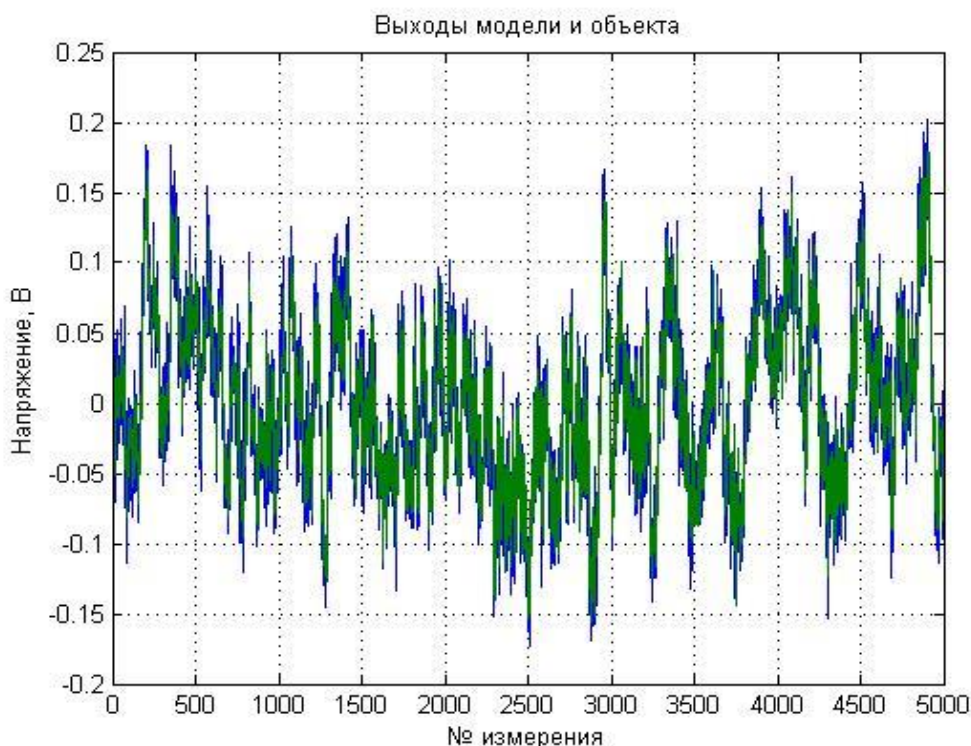


Рис. 2. Результаты разложения исходных данных.

Модель случайной составляющей представлена моделью стационарного и эргодического случайного процесса, полученного методом формирующего фильтра. Идентификация параметров формирующего фильтра проводилась с помощью рекуррентного метода наименьших квадратов (РМНК) [4].

Для анализа также использовалась модель авторегрессии скользящего среднего (АРСС-модель). Это математическая модель, используемая для анализа и прогнозирования стационарных и временных рядов в статистике. Такая модель оказывается подходящей, когда наблюдаемый ряд является суммой двух или более независимых составляющих.

На рисунке 3 представлены оценки коэффициентов АРСС-модели, полученные в результате идентификации и свидетельствующие о сходимости получаемых оценок для натриевых ламп высокого давления ДНаЗ-600.

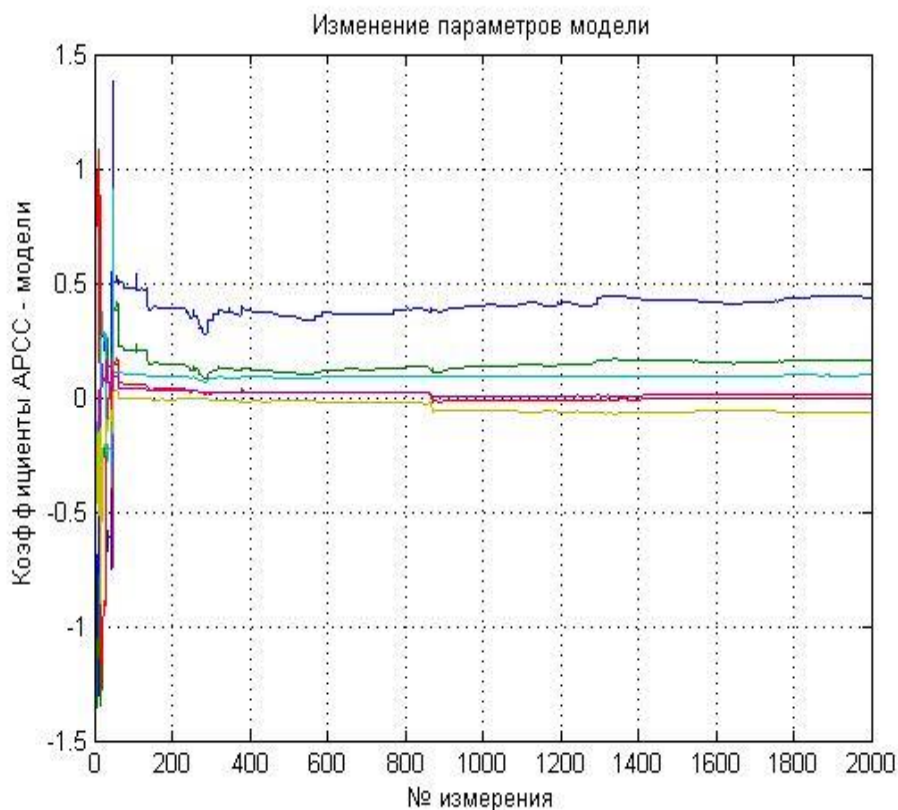


Рис. 3. Коэффициенты АРСС-моделей случайных составляющих напряжения на проверяемых лампах ДНаЗ-600.

Характер полученных коэффициентов позволяет сделать вывод о стационарности распределения результирующих значений падения напряжения. Несколько кривых на графике – это результат нескольких повторений процесса идентификации. Это сделано для того, чтобы показать повторяемость результатов анализа (повторяемость результатов модели поведения).

Было установлено, что оценка параметров нормального закона распределения результирующего падения напряжения зависит от числа единичных значений установленного напряжения, участвующих в его формировании, а также от среднеквадратичного отклонения (СКО) единичных значений. При увеличении этого СКО прямо пропорционально изменяются результирующие оценки (рис. 4).

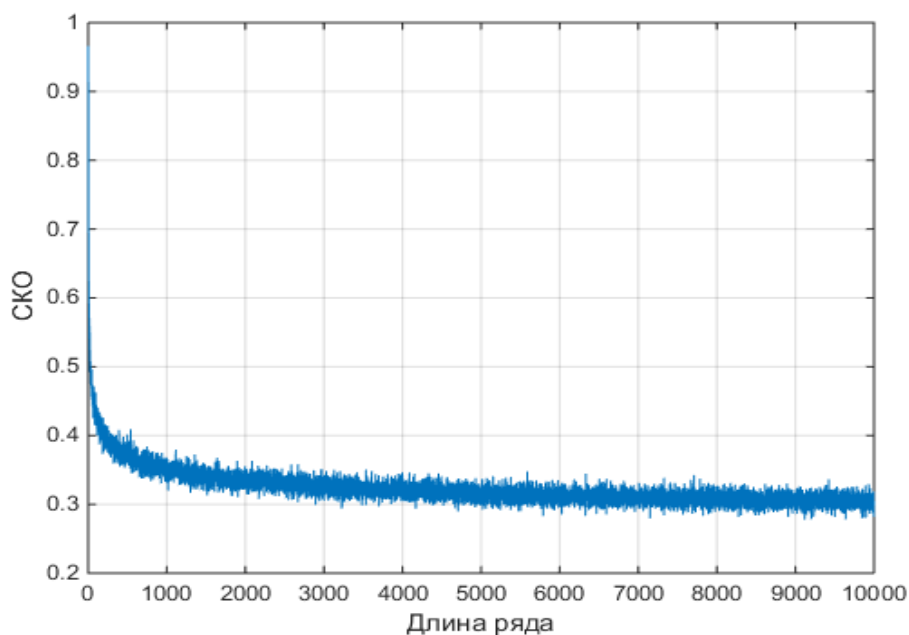


Рис. 4. Нормированные изменения оценок СКО.

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения полученных результирующих значений напряжений по критерию Колмогорова-Смирнова подтвердилась.

Сингулярное разложение результирующего напряжения на лампе выявило трендовую составляющую и отсутствие периодических составляющих, присутствующих в разложении исходного единичного профиля.

В конечном итоге проведенный анализ показывает стационарность распределения результирующих значений падения напряжения, т.е. стационарный характер хода технологического процесса изготовления ламп.

В дальнейшем предполагается включить в анализ математическую модель лампы с тем, чтобы по статистическому анализу результатов контроля и соответствию полученных результатов параметрам модели можно было определять конкретные рекомендации по улучшению хода технологического процесса с целью улучшения характеристик выпускаемых ламп.

Тем не менее, даже исходя из доказательства о стационарности технологического процесса, уже можно вести разговор о появлении возможности суждений о качестве хода процесса испытания. Резкие отклонения от стационарности результатов контроля, если мы уверены в стационарности технологического процесса, могут свидетельствовать об ошибках в организации процесса испытаний, например, об ошибочной установке партии ламп другой марки, неправильной установке оператором уставок. Исходя из этого, технолог может выдвинуть требование о повторной проверке последней партии ламп.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенберг Ю. Справочная книга по светотехнике. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 648 с.
2. Краснопольский А. Е., Соколов В. Б., Троицкий А. М. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 207 с.
3. Голяндина Н. Э. Метод Гусеница-SSA: прогноз временных рядов: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского гос. ун-та, 2004. – 52 с.
4. Семенов А. Д., Артамонов Д. В., Брюхачев А. В. Идентификация объектов управления. – Пенза: ПГУ, 2005. – 211 с.