

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
Козлова Ю.С. Email: Kozlova653@scientifictext.ru**

*Козлова Юлия Сергеевна – аспирант,
кафедра безопасности жизнедеятельности,
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск*

Аннотация: с использованием теории планирования эксперимента получена математическая модель процесса образования капель расплавленного металла при однофазном коротком замыкании для проводов различного сечения, используемых в воздушных линиях электропередачи напряжением 0,4 кВ. Осуществлен выбор откликов, управляемых факторов и диапазонов их варьирования. Использован полный двухфакторный план, в соответствии с которым получены уравнения, выраженные полиномами первой степени. Приведена зависимость для проводов одного из исследуемых сечений.

Ключевые слова: теория планирования эксперимента, воздушные линии электропередачи, короткое замыкание, частицы расплавленного металла.

**APPLICATION OF THE EXPERIMENT PLANNING THEORY FOR FIRE SAFETY
PROBLEM OF AIR ELECTRICAL TRANSMISSION LINES SOLVING
Kozlova Yu.S.**

*Kozlova Yuliya Sergeevna – Postgraduate Student,
LIFE SAFETY DEPARTMENT
SOUTH-URAL STATE UNIVERSITY, CHELYABINSK*

Abstract: fire can be caused by a single-phase short circuit of wires in overhead transmission lines. During a short circuit the process of melting drops formation occurs. The mathematical model of this process was obtained using the experiment planning theory. The responses, controlled factors were chosen and ranges of their variation were determined. A full two-factor plan was used according to which equations expressed by first-degree polynomials were obtained. In this article the dependence for the wire of one of the studied cross sections is shown.

Keywords: experimental design theory. overhead transmission lines, short fault, melting drops.

УДК 621.315.1; 614.841.2

Состояние электрической сети характеризуется работой в различных режимах. Режим работы линий электропередачи определяется состоянием воздушной линии, характером изменения электрической нагрузки, различного рода повреждениями и др.

При возникновении аварийных режимов, например, однофазных коротких замыканий, возможно появление источников зажигания. И в случае наличия горючей среды в атмосфере окружающего воздуха возможны возгорания с последующим переходом в пожар.

При подробном изучении вопросов пожарной опасности воздушных линий электропередачи напряжением 0,4 кВ был сделан вывод о том, что наибольшую опасность представляют частицы расплавленного металла, образующиеся в результате замыкания проводов. Процесс каплеобразования отчасти носит вероятностный характер. Однако, количество и размер капель все же можно оценить и описать аналитическим выражением. Эти сведения в свою очередь позволяют выявить наиболее незащищенные участки сети и принять меры по совершенствованию их защиты.

Процесс образования капель расплава зависит от различных факторов, характеризующих замыкание. Для моделирования этого процесса в лабораторных условиях была разработана установка, позволяющая имитировать короткое замыкание проводов [1].

Для минимизации временных и трудовых затрат воспользуемся теорией планирования эксперимента.

Методы планирования эксперимента применяются для построения интерполяционных моделей и оптимизации процессов и объектов. Алгоритмы построения планов эксперимента применимы к большинству оптимизационных задач как проектно-расчетных, так и экспериментальных. Методы статистической оценки опытных данных необходимы для любого экспериментального исследования, претендующего на достоверность результатов [2].

В планировании физического эксперимента при поиске оптимальных условий желательно, чтобы математическая модель была по возможности выражена достаточно простым уравнением при сохранении адекватности. Часто используются простейшие линейные математические модели или

модели, выраженные в виде полинома. Для решения нашей задачи достаточно проведения полного двухфакторного эксперимента [3].

В качестве отклика Y выбрано количество капель. Варьируемые факторы: X_1 – ток короткого замыкания и X_2 – время существования замыкания.

Планирование эксперимента для получения линейной модели (достаточной для поставленной нами задачи) основано на варьировании факторов на двух уровнях. Т.к. число уровней каждого фактора равно двум, то имеем полный факторный эксперимент типа 2^k .

Матрица двухфакторного эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1. Матрица эксперимента

№ опыта	x_1	x_2	$x_1 x_2$	y
1	+1	+1	+1	y_1
2	-1	+1	-1	y_2
3	+1	-1	-1	y_3
4	-1	-1	+1	y_4

Интервалы варьирования: тока – 140-240 А, времени – 5-10 с.

Проведено по 5 серий экспериментов, по результатам которых вычислены средние значения Y_i .

Уравнение линейной модели имеет вид: $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2$

Таким образом, по результатам эксперимента необходимо найти значения неизвестных коэффициентов модели. Их можно вычислить по формуле (1):

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji}y_i, \quad j = 0, 1 \dots k \quad (1)$$

Благодаря кодированию факторов расчет коэффициентов превращается в простую арифметическую процедуру. Для подсчета коэффициента b_1 используется вектор-столбец x_1 , для b_2 – столбец x_2 , а для b_{12} – столбец x_1x_2 . Остается найти b_0 , которое есть среднее арифметическое значений параметра оптимизации.

Коэффициенты при независимой переменной указывают на силу влияния фактора. Чем больше абсолютная величина коэффициента, тем большее влияние оказывает фактор. Если перед коэффициентом имеем знак плюс, то с увеличением значения фактора параметр оптимизации увеличивается, а если минус, то уменьшается. Величина коэффициента соответствует вкладу данного фактора в величину параметра оптимизации при переходе фактора с нулевого уровня на верхний или нижний.

Приведем полученные результаты для провода марки АС сечением 35 мм². Значения коэффициентов сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Значения коэффициентов уравнения регрессии

	b_0	b_1	b_2	b_{12}
Значение	256,75	195,25	56,25	47,75

При переходе от кодированных значений к действительным, получаем уравнение:

$$u_{AC-35} = -406 + 2,6x_1 - 158,95x_2 + 0,955x_1x_2.$$

Выводы:

С использованием теории планирования эксперимента получены аналитические выражения для расчета искр и капель расплавленного металла, образующихся при коротком замыкании проводов.

Список литературы / References

1. Козлова Ю.С. Экспериментальная установка для исследования пожарной опасности процесса схлестывания проводов воздушных линий электропередачи напряжением 0,4 КВ / Ю.С. Козлова // Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи: материалы IV Всероссийской студенческой конференции (с международным участием). Секция «Безопасность в чрезвычайных ситуациях». – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. С. 221-223.
2. Методические указания по применению полного факторного эксперимента при проведении исследований / А.Н. Гайдадин, С.А. Ефремова. ВолгГТУ. Волгоград, 2008. 16 с.
3. Методы планирования эксперимента и обработки данных: учебное пособие / Ю.А. Макаричев, Ю.Н. Иванников. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. 131 с.