УДК 621.31

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ 0,4 кВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Смородина Анастасия Андреевна, *студент АлтГТУ им. И. И. Ползунова, Россия, 656049,г. Барнаул, пр-т Ленина, 46. Тел. 8-923-164-7254,* e-mail: nasmorodina@bk.ru, ORCID ID 0000-0001-5166-3312
Воробьев Николай Павлович, *д.т.н., профессор АлтГТУ им. И. И. Ползунова, Россия, 656049,г. Барнаул, пр-т Ленина, 46. Тел. 8-961-999-9304,* e-mail: vnprol51p@ya.ru, ORCID ID 0000-0003-4778-9814

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема необходимости оценки состояния электрической проводки сетей низкого напряжения зданий и сооружений. Актуальность этой проблемы связана с тем, что в последние годы в связи с развитием техники электропроводка потребительских сетей находится в постоянном процессе эксплуатации, что со временем приводит к старению изоляции и как следствие этого возникновению опасных ситуаций. Во избежание появления аварийных повреждений электрической проводки авторы статьи предлагают решение в рамках контроля остаточного ресурса проводки. Изучены статистические данные о вероятностях возникновения пожаров и их причин за определенный диапазон времени, а также способы определения остаточного ресурса электрической проводки. На основании рассмотренных данных предложено строение математической модели, которое выполнено из стандартной структурной схемы, упрощенной структурной схемы, а так же нечеткого логического вывода для нахождения ожидаемой вероятности ущерба. Предложенная авторами математическая модель положена в основу метода для определения количества остаточного времени (в годах) работоспособности проводки. Данный метод был реализован посредством программного пакета Fuzzy Logic Toolbox в Scilab. Разработана система нечеткой логики по определению остаточного ресурса электрической проводки зданий и сооружений, которая нацелена на работу с факторами, влияющими на процесс деградации изоляции. По результатам работы системы нечеткой логики в Fuzzy Logic программы Scilab можно сделать заключение о том, в каком состоянии находится изоляция и какой остаточный срок ее службы (в годах).

Ключевые слова: электропроводка, математическая модель, остаточный ресурс, прогнозирование, структурная схема, нечеткая логика.

MATH MODELING OF ELECTRIC WIRING RESOURSE OF BUILDINGS

Smorodina Anastasia *Andreevna, student, ASTU named after I. I. Polzunova, Russia, 656049, Barnaul. Phone: 8-923-164-7254,* e-mail: nasmorodina@bk.ru, ORCID ID 0000-0001-5166-3312
Vorobiev Nikolay Pavlovich, *doctor of technical science, professor ASTU named after I.I.Polzunova, Russia, 656049, Barnaul. Phone: 8-961-999-9304,* e-mail: vnprol51p@ya.ru, ORCID ID 0000-0003-4778-9814

Abstract. This article considers the problem of necessity to assess the condition of electrical wiring buildings and structures. The relevance of this problem is connected with the fact that the electrical wiring is worsening in constant process of exploitation in the modern world. This leads to aging of the insulation and the occurrence of dangerous damages. The authors of the article propose a solution within the control of the remaining life of the wiring in order to avoid the occurrence of

emergency damage. The authors have studied the statistical data about the probability of occurrence of fires and their causes over a certain time range, as well as methods for determining the remaining life of electrical wiring. The authors suggested the structure of the mathematical model on the basis of the data reviewed. The mathematical model consists of a standard structural scheme, a simplified structural scheme, and an unclear inference for finding the expected probability of damage. The mathematical model proposed by the authors is used as the basis of the method for determining the amount of remaining time (in years) of the operability of the wiring. This method was implemented using the Fuzzy Logic Toolbox software package in Scilab. The fuzzy logic system is designed to determine the residual life of electrical wiring of buildings and structures that is aimed at working with factors that affect the process of insulation degradation. It is possible to make a conclusion about the state of the insulation and the residual service life following the results of the operation in the Fuzzy Logic program of Scilab.

Keywords: electrical wiring, mathematical model, residual resource, forecasting, structural scheme, fuzzy logic.

Начальное исходное состояние электрической проводки низкого напряжения при постоянной эксплуатации находится в процессе регресса, в результате влияния на нее различных факторов, таких как частые перенапряжения, попадание влаги, излишние нагрузки, попадание химических веществ и т.д. Происходит деградация изоляционной части электропроводки, повышается возможность появления замыканий и, как следствие, пожаров.

В ходе анализа статистических данных МЧС о пожарах за январь-март 2017 года было выяснено, что одной из главных причин их появления являются неисправности электрической проводки. [4]

Повышение качества обработки данных о состоянии объекта исследования является одним из важных аспектов, обуславливающих рост уровня современных технологий контроля и диагностики технического состояния электропроводки.

В данном случае рационально применять нечеткую логику, которая дает возможность оценить остаточное состояние объекта исследования и сделать объективный вывод о необходимости проведения электромонтажа новой проводки или ремонта существующей.

Целью данного этапа исследовательской работы является аргументированный выбор диагностических параметров для оценки состояния электрических проводок, определение связи между выбранными параметрами.

Задачи исследования являются:

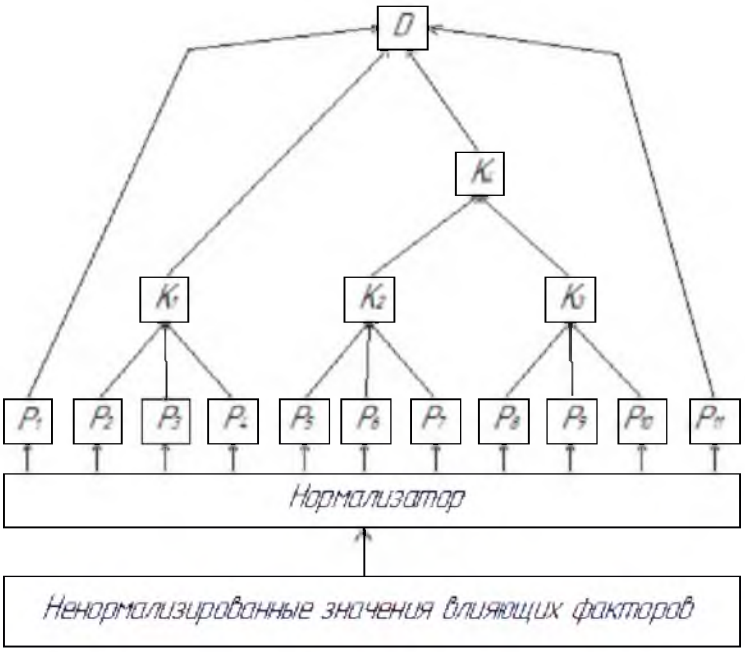
- анализ имеющихся исследовательских разработок в области контроля электропроводки;
- установление объективно рациональных методов и устройств для измерения состояния электропроводки;
- определение перспективных способов определения состояния электропроводок;
- преобразование программы нечеткой логики для вычисления остаточного ресурса электропроводки (в годах) 0,4 кВ в зданиях и сооружениях;
- аргументация выбранных параметров, которые измеряются приборами при определении состояния электропроводки, а также при оценке остаточного ресурса электропроводки.
- модернизация методик прогнозирования остаточного ресурса в условиях неполноты исходных данных.

Основываясь на вышесказанном, следует отметить, что имеется потребность в определении остаточного ресурса электропроводки 0,4 кВ в зданиях и сооружениях. На данный момент эта проблема отчасти решается по результатам вычисления отдельными приборами таких параметров, как коэффициент абсорбции и поляризации. Могут быть применены так же и другие характеристики для вычисления остаточного ресурса, которые

измеряются разными устройствами и не дают объективной оценки состояния электропроводки. Обычно результат таких измерений демонстрируется в виде четкого числа или словесной оценки, вида соответствует/не соответствует. Такие выходные данные затрудняют возможность обработки информации с целью объективной оценки остаточного ресурса.

Был разработан метод вычисления оставшегося запаса работоспособности проводки 0,4 кВ зданий и сооружения, который дает возможность вычислить количество времени (в годах), которое электрическая проводка будет соответствовать предъявляемым нормам.

Ниже на рисунке 1 представлена структурная схема оценки состояния в электропроводке 0,4 кВ в зданиях и сооружениях. Состоит из системы нечеткой логики для нахождения вероятности ущерба в электропроводке 0,4 кВ.



P_1 – ток короткого замыкания; P_2 – замер целостности цепей; P_3 – значение сопротивления изоляции цепей "фаза-ноль" и "фаза-фаза"; P_4 – значение сопротивления цепи "фаза - защитный проводник PE"; P_5 – коэффициент значимости общего сопротивления контактов в общем сопротивлении линии; P_6 – значение сопротивления контактов заземлителей с элементами выравнивания потенциалов; P_7 – значение сопротивления контактов; P_8 – проверка параметров устройства защитного отключения; P_9 – коэффициент поляризации; P_{10} – коэффициент абсорбции; P_{11} – функциональное состояние электрической проводки; K_1, K_2, K_3, K_4 – интервальные значения; D – значение времени (в годах) работоспособности проводки

Рисунок 1 – Структурная схема

На рисунке 2 изображена упрощенная схема системы для определения остаточного ресурса на основе нечеткой логики.

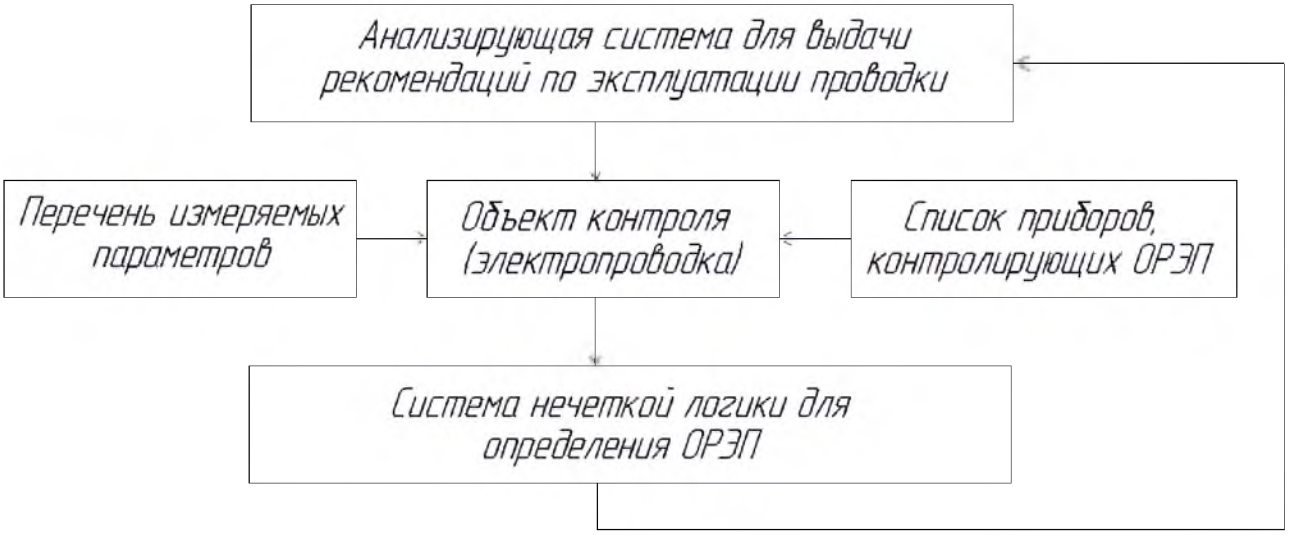
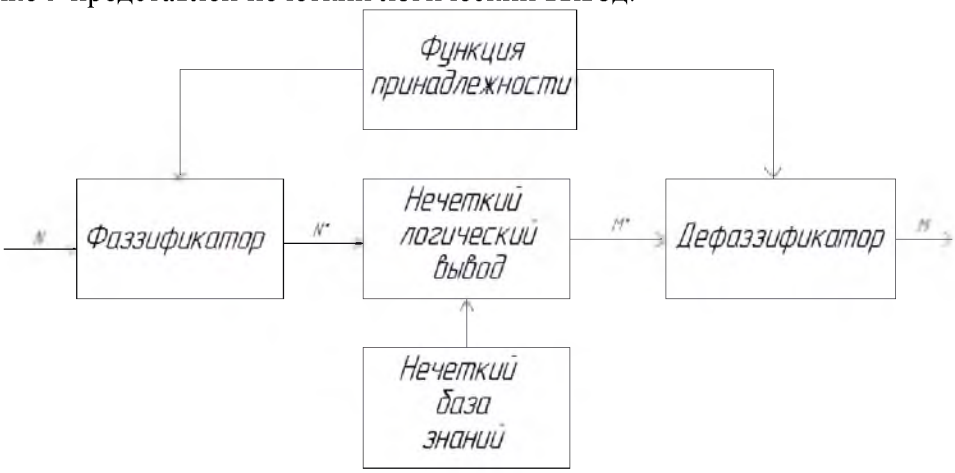


Рисунок 2 – Упрощенная структурная схема

На рисунке 3 представлен нечеткий логический вывод.



N – начальный четкий параметр; N^* – вектор нечетких множеств, соответствующий начальному параметру N; M^* – полученный результат вывода в виде вектора нечетких множеств; M – выходное четкое значение

Рисунок 3 – Нечеткий логический вывод

В результате данного этапа работы было произведено математическое моделирование остаточного ресурса электропроводки зданий и сооружений. Были сформированы структурная, упрощенная схемы определения работоспособности проводки и нечеткого логического вывода. Сформированные результаты исследования данного этапа будут положены в основу программной реализации мониторинга и прогностики остаточного ресурса электропроводки, которая будет вовремя оповещать о необходимости принятия мер по предотвращению аварийных ситуаций при эксплуатации электрической проводки.

Список литературы

1. Грамотная эксплуатация электропроводки на объектах и предотвращение ущербов [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва [б. и.], 2013. – Режим доступа: http://neoncomp.ru/text_view.php?id=1, свободный

2. Определение остаточного ресурса внутренних электрических проводок в жилых, общественно - коммунальных и производственных помещениях 220/380 В городов и сельских населенных пунктов [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва, 2013. – Режим доступа: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2011_02_2/pdf/123upit.pdf. – Электрон.

версия печ. публикации

3. Черкасова, Н.И. Способ диагностики электропроводок зданий [Текст] / Н.И. Черкасова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. –№ 11. – С. 171-176

4. Сведения о пожарах и их последствиях за январь-март 2017 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва: [б. и.], 2017. – Режим доступа :http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2017_god, свободный

5. Грамотная эксплуатация электропроводки на объектах и предотвращение ущербов. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва: [б. и.], 2013. – Режим доступа: http://neoncomp.ru/text_view.php?id=1, свободный

6. Воробьев, Н. П. Методические указания к лабараторно-практическим занятиям по дисциплине «Современные методы технической диагностики и контроля параметров электрооборудования» для магистрантов очной формы обучения по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника » профиля «Электротехнологии и электрооборудование в агропромышленном комплексе» / Н. П. Воробьев // Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. – 281 с.

7. Гончаренко, Г. А. Метод оценки и прогнозирования остаточного ресурса электропроводки на объектах АПК в условиях неопределенности: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Г. А. Гончаренко // Алт. гос. техн. ун-т И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – 214 с.

8. Пат. № 2556299 Российская Федерация, МПК G01R29/08 (2006.01). Способ определения остаточного ресурса электропроводки [Текст] / Воробьев Н.П., Воробьева С.Н., Гончаренко Г.А., Никольский О.К.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Алт. гос. техн. ун-т. им. И.И. Ползунова (АлтГТУ). – № 20141048/28; заявл. 04.02.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19. – 28 с.

9. ГОСТ Р 50571.16-2007. Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 50571.16-99; введ. 27.12.07. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 32 с.

10. Электропроводка [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва, 2013. Режим доступа:http://elektrika.sitecity.ru/ltext_3107140632.phtml?p_ident=ltext_3107140632.p_3107141308, свободный