

На правах рукописи

Ковылин Сергей Борисович

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЕЙ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ

Направление 13.04.02 - «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
магистра техники и технологии

Комсомольск-на-Амуре – 2023

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы - Использование интеллектуальной технологии при реализации нечеткого прогнозирующего модуля для модернизации электрических сетей низкого напряжения и сокращении потерь электрической энергии в них.

Цель работы - Модернизация электрических сетей низкого напряжения с целью минимизации потерь электрической энергии применением интеллектуального подхода при их проектировании и реконструкции.

Основные задачи магистерской диссертации - Синтез структуры интеллектуального прогнозирующего модуля с целью выработки управлеченческих решений при модернизации и расчете потерь электрической энергии в сетях низкого напряжения.

Характеристика объекта и предмета исследования Решение задачи прогнозирования и управления сложным распределенным объектом по средством интеллектуальных процедур и алгоритмов нечеткого вывода

Характеристика методологического аппарата - При исследовании используются основные положения теории автоматического регулирования, а также методы и алгоритмы, основанные на нечетком подходе.

Научная новизна магистерской диссертации - Разработка модели интеллектуального модуля, основанного на элементах мягких вычислений, для расчета основных параметров электрических сетей с целью модернизации и минимизации потерь в них.

Практическая ценность магистерской диссертации - Реализация нечеткого модуля для расчета и прогнозирования параметров электрических сетей НН.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна, практическая ценность.

В первой главе приведен анализ технологического процесса, описаны процессы, протекающие в электрических сетях низкого напряжения, описаны назначение и основные элементы в таких сетях. Рассмотрена классификация основных факторов влияющих на величине потерь электрической энергии в сетях низкого напряжения и выделены качественные и количественные параметры. Представлены требования, предъявляемые при модернизации и проектировании электрических сетей низкого напряжения. Проведен анализ основных методов по расчету потерь электрической энергии в таких сетях, отмечены наиболее эффективные и распространенные подходы. Кроме того, рассмотрены возможности и предпосылки к применению интеллектуальных подходов для реализации систем прогнозирования при модернизации и расчете потерь электрической энергии в сетях НН.

В второй главе приведен обзор основных положений теории нечетких множеств, представлены понятия и определения: нечеткого множества, нечеткой переменной, лингвистической переменной, алгоритма нечеткого логического вывода, методов приведения к четкости и функции принадлежности.

В третьей главе представлена модель прогнозирующего модуля с применением теории нечетких множеств, которая позволяет реализовать интеллектуальный подход при решении задачи прогнозирования и модернизации электрических сетей уровня напряжения 0,4 кВ с целью снижения потерь электрической энергии, передаваемой по этим сетям. На рисунке 1 представлена модель такой интеллектуальной системы, в состав

которой включены нечеткий управляющий модуль, СУБД содержащая технические данные по сетям, и блок сопряжения и передачи данных от СУБД в нечеткий регулятор.

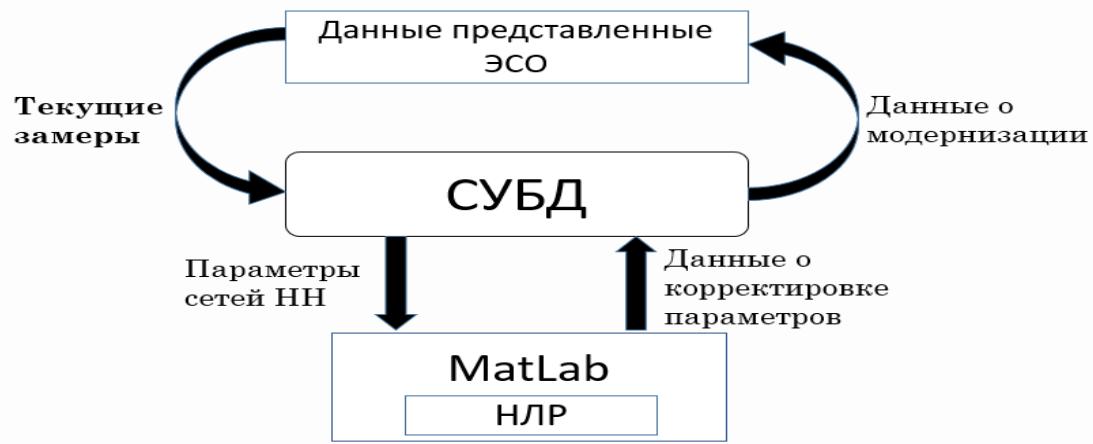


Рисунок 1 - Функциональная схема интеллектуальной
прогнозирующей системы

Представленная функциональная схема интеллектуальной системы, позволяющей выявлять участки электрических сетей, подлежащих модернизации с целью снижения технологических потерь электрической энергии. Исходные данные о замерах представляемые ЭСО, передаются в обработку СУБД для расчета потерь электрической энергии и соблюдения необходимого формата при их трансляции в язык инженерных вычислений Mat Lab. Используя стандартную процедуру данные обработанные СУБД передаются в рабочую область, а затем считаются нечетким модулем. Нечеткий регулятор на основании внутренней информации производит коррекцию основных параметров электрических сетей уровня напряжения НН. Затем эти данные возвращаются в СУБД для пересчета величины потерь и принятия решения о модернизации определенных участков со стороны ЭСО.

Ядром предлагаемой интеллектуальной системы будет являться нечеткий логический регулятор с алгоритмом вывода Мамдани представленный на Рисунке 2.

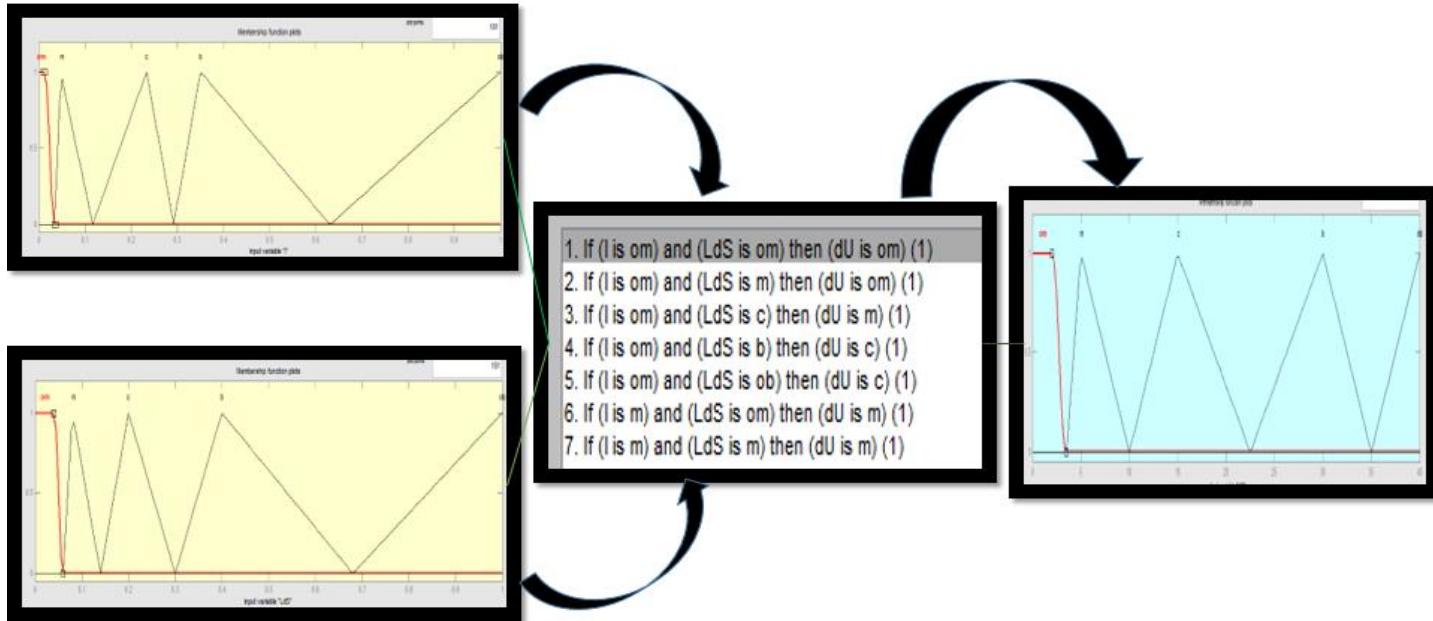


Рисунок 2 – Функциональная схема нечеткого прогнозирующего модуля

На вход нечеткой системы приходит информация о значениях основных параметров электрической сети низкого напряжения полученная от ЭСО, которая формализуется двумя лингвистическими переменными.

Лингвистическая переменная « I » формализует такие понятия как замеры тока в соответствующей магистральной линии электрической сети, описывается пятью нечеткими термами треугольного вида в заданном диапазоне регулирования.

Второму входу нечеткого прогнозирующего модуля соответствует лингвистическая переменная « LdS », которая формализует параметр поперечного сечения проводов выбранной магистральной линии

электрической сети и имеет аналогичный набор характеристик в соответствующем диапазоне изменения величины.

Выход нечеткой системы описывается лингвистической переменой « dU » соответствующей величине потерь электрической энергии на заданном участке электрических сетей НН.

База знаний нечеткой прогнозирующей системы будет состоять из 25 нечетких производственных правил. Фрагмент такой базы представлен на рисунке 2 в средней части. Проверка представленного набора правил на полноту и непротиворечивость проводилась с применением стандартных методик.

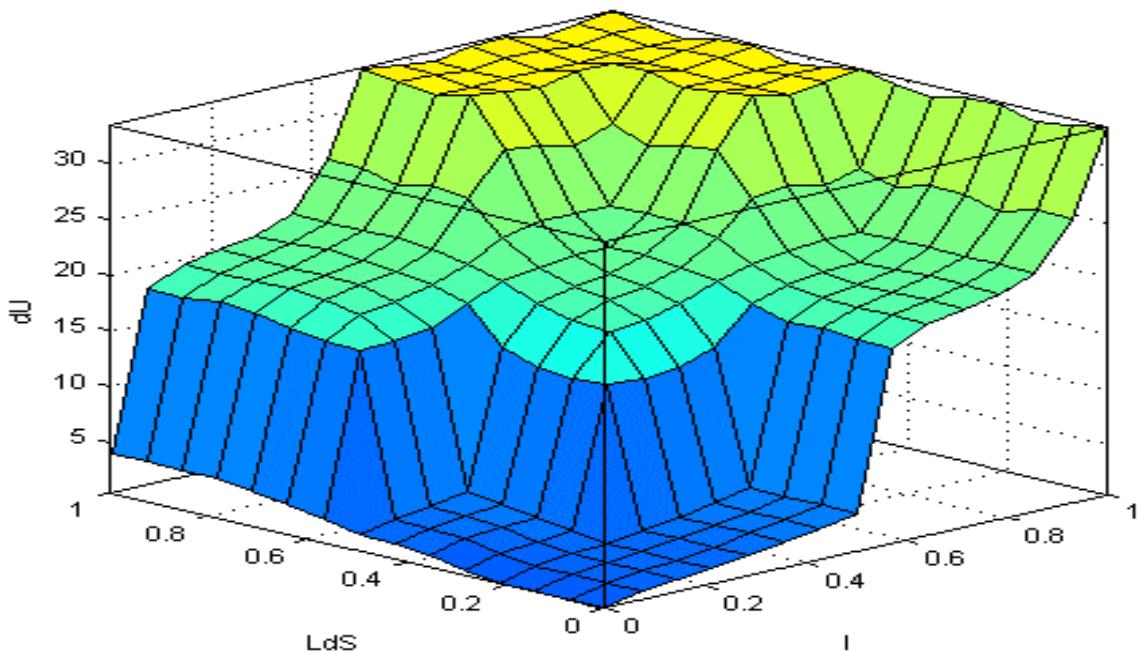


Рисунок 3 – Поверхность вывода.

Рисунок 3 иллюстрирует поверхность определяющую направление вывода нечеткого модуля с учетом замеров основных параметров электрических сетей уровня напряжения НН: длин линий, сечений проводов в этих линиях и замеров падений напряжения в конце магистрали.

Построенная с использованием интеллектуального подхода прогнозирующая система позволяет определить магистральные линии в электрических сетях низкого напряжения, параметры которых оказывают существенное влияние на величину потерь электрической энергии. Кроме того, такой подход определяет диапазоны изменения основных параметров, направленных на сокращение величины этих потерь, а также передачу скорректированной информации в СУБД для дальнейшего анализа. Представленная нечеткая прогнозирующая система может быть при необходимости расширена путем увеличения количества входных лингвистических переменных, формализующих необходимое число параметров электрических сетей низкого напряжения, но вместе с тем и повлечет усложнение нечеткой базы знаний представленного модуля.

Четвертая глава посвящена описанию энергоснабжающей организации, представлено основное технологическое оборудование, а также предоставленные технические данные.

Представлено описание дополнительных программных модулей направленных на решение задач по расчету потерь электрической энергии в сетях низкого напряжения представленной энергоснабжающей организации, а также фрагмент СУБД, содержащей всю эту информацию.

Подстанция	Фидер	Тип-КЛ	Тип-ВЛ	L-КЛ-380. м	L-ВЛ-380. м
Малышево (ТП-1)	Гаражная	АВВГ-50	AC-35	17	4227
	Ключевая	АВВГ-95	AC-25	17	700
	Первомайская	АВВГ-95	AC-35	17	4762
	“Хабводстрой”		AC-35		1110

Мирный (ТП-251)	ГАИ		AC-25		555
	Д/Ф		AC-35		222
	Котельная		AC-35		333
	Магазин		AC-25		111
Осиновая речка (КТПН-0173)	Φ-1		AC-25		111
	Φ-2		AC-35		111
	Φ-3		AC-35		1277
	Φ-4		AC-25		611
	Φ-5		AC-35		1332

Рисунок 4- Фрагмент СУБД, содержащей информацию,
предоставленную ЭСО

В таблицах 1,2 представлен результат работы интеллектуальной системы, функциональная схема которой представлена на рисунке 2

Фрагмент таблиц

Подстанция	Фидер	Тип-КЛ	Тип-ВЛ	L-КЛ-380.м	L-ВЛ-380.м
Малышево (ТП-1)	Гаражная	АВВГ-70	AC-35	15	3808
	Ключевая	АВВГ-95	AC-25	15	630
	Первомайская	АВВГ-70	AC-35	15	4290
	“Хабводстрой”		AC-35		1000

	ГАИ		AC-25		500
Мирный (ТП-251)	Д/Ф		AC-35		200
	Котельная		AC-35		300
	Магазин		AC-25		100
	Φ-1		AC-25		100
Осиновая речка (КТПН-0173)	Φ-2		AC-35		100
	Φ-3		AC-35		1150
	Φ-4		AC-25		550
	Φ-5		AC-35		1200

Анализ представленных таблиц позволяет сделать вывод о том, что применение интеллектуальной прогнозирующей системы даже с ограниченным набором данных позволяет сократить потери электрической энергии в результате выполнения рекомендаций по модернизации электрических сетей на 2,89%:

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Представленный в диссертационной работе анализ методов по расчету потерь электрической энергии в сетях низкого напряжения позволил определить основные направления решения такой многофакторной задачи как модернизация сложного распределительного объекта управления. Основной критерий, который будет определять способы решения задач и направление для достижения целей является функционал минимизирующий потери электрической энергии в распределительных сетях низкого напряжения.

Модернизация таких сетей, с точки зрения сокращения потерь электрической энергии, связана с огромным количеством факторов влияния обусловленных, как организационным, так и техническим характером. Такие особенности сетей как существенный объем информации и ее достоверность, динамика трансформации схемных режимов, различия в исполнении участков по количеству проводников, качество соединения линий должны регламентироваться энергоснабжающей организацией. Характеристики, связанные с неравномерностью загрузки фаз, большой протяженностью и разветвленностью, сечением и типом проводников магистральных линий учитываются в качестве основных показателей при реализации интеллектуального прогнозирующего модуля.

Многокритериальность задач, которая определяется, как качественным и количественным характером обрабатываемой информации, так и набором подходов к ее решению. Решение проблем достоверности и объема предоставляемой информации, а также расчета самих потерь электрической энергии по этим данным возлагается на вполне стандартный программный модуль. Вопросы подбора адекватных технических характеристик определяются в интеллектуальном прогнозирующем модуле, реализованном с использованием нечеткого логического вывода Мамдани. Третий программный модуль позволяет решать задачу интеграции, совместимости и передачи данных между СУБД и интеллектуальной системой.

Применение нечеткой технологии управления при реализации прогнозирующей части системы позволило решить ряд задач связанных с адекватностью подхода технических характеристик, гибкостью системы при решении задач модернизации в целом, а не на отдельных участках, а также целесообразности принимаемых решений с учетом реализации рекомендуемых решений. Представленная модульная система решает не

только задачу модернизации электрических сетей низкого напряжения, но и производит расчет потерь электрической энергии в таких сетях.

Кроме того, основными перспективными направлениями развития представленной системы могут стать, как расширение нечеткого модуля прогнозирования для учета большего числа технических характеристик, например, количество проводников в магистрали или разветвленность сетей, так и использование данных организационного характера, связанных со старением основного технологического оборудования или коммерческой составляющей потерь.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Интеллектуальная система расчета и минимизации потерь в электрических сетях 0,4 кВ. (Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г./ редкол.: Э.А. Дмитриев (отв. ред). - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО "КнАГТУ", 2017. - 1292 с.)
2. Моделирование нечеткого модуля для выбора параметров электрических сетей при их модернизации. (Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2018 г./ редкол.: Э.А. Дмитриев (отв. ред). - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО "КнАГТУ", 2018. - 1292 с.)
3. Черный С. П. Анализ возможностей снижения информационной избыточности нечетких регуляторов / С.П. Черный, А.А. Духно, Д.Ю. Чигрин, Б.Н. Толибов.- Ученые записки КнАГТУ, Комсомольск-на-Амуре, 2017, № 1-2(30), «Науки о природе и технике».-С. 12-21