

ЦИФРОВОЙ КОНТРОЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ВОЗДУШНОЙ ЛЭП 10 КВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

DIGITAL CONTROL OF OPERATING COSTS OF 10 KV OVERHEAD POWER LINE AS A WAY TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF ITS OPERATION

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи 10 кВ, цифровой контроль, эффективности функционирования, эксплуатационные затраты, развитие, существование, отыскание и устранение однофазного замыкания на землю, система автоматического управления, нейронная сеть.

В современном мире эффективное функционирование любой инфраструктуры не может быть достигнуто без правильно отрегулированного механизма финансового обеспечения. Поддержание оптимального баланса между стимулирующими и обеспечивающими эксплуатационными затратами в процессе эксплуатации воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) напряжением 10 кВ является важной технико-экономической задачей. В настоящее время ее решение ставит в тупик финансово-хозяйственные службы многих электросетевых предприятий, в силу ограниченности их технических и кадровых возможностей. Указанное обстоятельство не позволяет им обеспечивать наивысший уровень эффективного функционирования для каждой ВЛЭП 10 кВ, что в итоге приводит к нерациональному расходованию денежных средств, трудовых ресурсов и запасных частей. Предлагается решать обозначенную проблему с помощью современных достижений научно-технического прогресса в области автоматизации, микропроцессорной техники, а также цифровых информационно-телекоммуникационных технологий. Комплексное использование данного инструментария позволит электросетевым предприятиям оперативно обеспечивать оптимальное соотношение эксплуатационных затрат в отношении каждой из ВЛЭП 10 кВ, при котором ее эксплуатационные показатели не будут выходить за рамки допустимых значений. При этом в качестве контролируемых эксплуатационных показателей предлагается использовать продолжительности событий, связанных с возникновением однофазных замыканий на землю в каждой из ВЛЭП 10 кВ. Представлены схмотехническое решение, позволяющее на практике реализовать

адаптивную систему автоматического управления, а также вопросы, связанные со спецификой ее функционирования, в числе которых рассмотрено и использование алгоритма самообучающейся нейронной сети.

Keywords: 10 kV overhead power line, digital control, operating efficiency, operating costs, development, existence, detection and elimination of single-phase ground fault, automatic control system, neural network.

In today's context, the effective functioning of infrastructure cannot be achieved without a properly regulated financial support mechanism. Maintaining an optimal balance between stimulating and supporting operating costs during the operation of 10 kV overhead power lines (OHPL) is an important technical and economic task. Currently, its solution confuses the financial and economic services of many electric grid enterprises, due to their limited technical and personnel capabilities. This circumstance does not allow them ensuring the highest level of efficient operation for each 10 kV OHPL which ultimately leads to waste of money, labor resources and spare parts. The authors propose solving the problem with the help of modern achievements of scientific and technological progress in the field of automation, microprocessor technology, as well as digital information and telecommunication technologies. The integrated use of this toolkit will allow electric grid enterprises to quickly ensure the optimal ratio of operating costs for each of the 10 kV OHPL when its operational indices will not go beyond acceptable values. At the same time, as controlled operational indices, it is proposed to use the duration of events associated with the occurrence of single-phase ground faults in each of the 10 kV OHPL. This paper discusses a circuit solution that makes it possible to implement an adaptive automatic control system in practice, and also discusses issues related to the specifics of its functioning including the use of a self-learning neural network algorithm.

Качанов Александр Николаевич, д.т.н., профессор, зав. каф. электрооборудования и энергосбережения, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл, Российская Федерация, e-mail: kan@ostu.ru.

Чернышов Вадим Алексеевич, к.т.н., доцент, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл, Российская Федерация, e-mail: blackseam78@mail.ru

Kachanov Aleksandr Nikolaevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russian Federation, e-mail: kan@ostu.ru.

Chernyshov Vadim Alekseevich, Cand. Tech., Sci., Assoc. Prof., Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russian Federation, e-mail: blackseam78@mail.

Введение

Высокоэффективная работа любого технического объекта, в том числе и электроэнергетики, может быть обеспечена лишь в условиях четко выстроенной и грамотно обоснованной политики финансового обеспечения.

Для отечественной электроэнергетики поддержание оптимального баланса между стимулирующими и обеспечивающими эксплуатационными затратами в процессе эксплуатации электрических сетей разного класса напряжения является весьма важной технико-экономической задачей [1].

Данную задачу особенно сложно решать в отношении воздушных распределительных сетей среднего класса напряжения 10 кВ [2]. Это обусловлено тем, что общее количество воздушных ЛЭП 10 кВ, отходящих от шин подстанций (ПС 110/35/10, 110/10 и 35/10 кВ), для среднестатистического района электрических сетей может исчисляться сотнями. При этом каждая из воздушных ЛЭП 10 кВ, отходящая от шин подстанции, отличается от других: протяженностью, разветвленностью, токовой нагрузкой, уровнем физического износа, а также специфическими условиями эксплуатации. Электросетевые предприятия при ведении своей хозяйственно-финансовой деятельности не способны обеспечивать оптимального долевого соотношения между различными категориями эксплуатационных затрат, в отношении каждой из ВЛЭП 10 кВ, при котором продолжительности событий, характеризующих ее однофазные замыкания на землю (ОЗНЗ), не будут выходить за рамки допустимых значений [3].

Причина этого субъективна, она заключается в ограниченных технических [4] и кадровых возможностях электросетевых предприятий, которые не позволяют им обеспечивать наивысший уровень эффективного функционирования каждой ВЛЭП 10 кВ, обуславливая при этом нерациональное расходование денежных средств.

Учитывая вышеизложенное, основной **целью** исследований является обеспечение эффективной работы каждой ВЛЭП 10 кВ.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать инструментарий, позволяющий электросетевым предприятиям оперативно обеспечивать оптимальное соотношение различных составляющих эксплуатационных затрат в отношении каждой из ВЛЭП 10 кВ, используя при этом современные достижения научно-технического прогресса в области микропроцес-

сорной техники, а также цифровых информационно-телекоммуникационных технологий [5, 6].

Объекты и методы

Опираясь на теорию автоматического управления и современные типовые решения в области автоматизации технологических процессов, а также результаты собственных научных исследований [7-11], авторы разработали новую адаптивную систему автоматического управления (САУ), обеспечивающую оптимальное доленое соотношение между составляющими эксплуатационных затрат, потенциально осваиваемых в отношении каждой из ВЛЭП 10 кВ. При этом адаптивность предлагаемой САУ достигается за счет применения в ней алгоритма самообучающейся нейронной сети [12].

На рисунке 1 приведена функциональная схема автоматизации процесса поддержания оптимального баланса эксплуатационных затрат для ВЛЭП 10 кВ, обеспечивающая ее эффективное функционирование [13].

Схема функционирует следующим образом:

На каждой из отходящих от подстанции ВЛЭП 10 кВ установлены датчики, которые за соответствующий период времени осуществляют сбор информации, характеризующей: суммарную продолжительность ее работы с развивающимися дефектами изоляции; суммарную продолжительность ее работы с установившимся ОЗНЗ; суммарную продолжительность процесса отыскания в ней повреждений изоляции при ОЗНЗ; суммарную продолжительность всех отключений, так или иначе связанных с возникновением ОЗНЗ [14]. Указанная информация по каждой ВЛЭП 10 кВ, в виде четырех цифровых сигналов поступает по беспроводному каналу связи [15] на вход микроконтроллера хозяйственно-финансовой службы электросетевого предприятия. Службой разработанного программного обеспечения (ПО) каждый из четырех цифровых сигналов, по каждой из ВЛЭП 10 кВ, преобразуется в числовой формат («-1»; «0»; «+1»), в зависимости от установленного для каждого временного события, критерия оценки, учитывающего индивидуальные особенности каждой из ВЛЭП 10 кВ. При этом наименьшее (min) и наибольшее (max) значения продолжительности любого из временных событий, характеризующих ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ, оценивается числовым значением, соответственно, «-1» и «+1», а оптимальное (optm) значение продолжительности временного события, характеризующего ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ, – числовым значением «0».

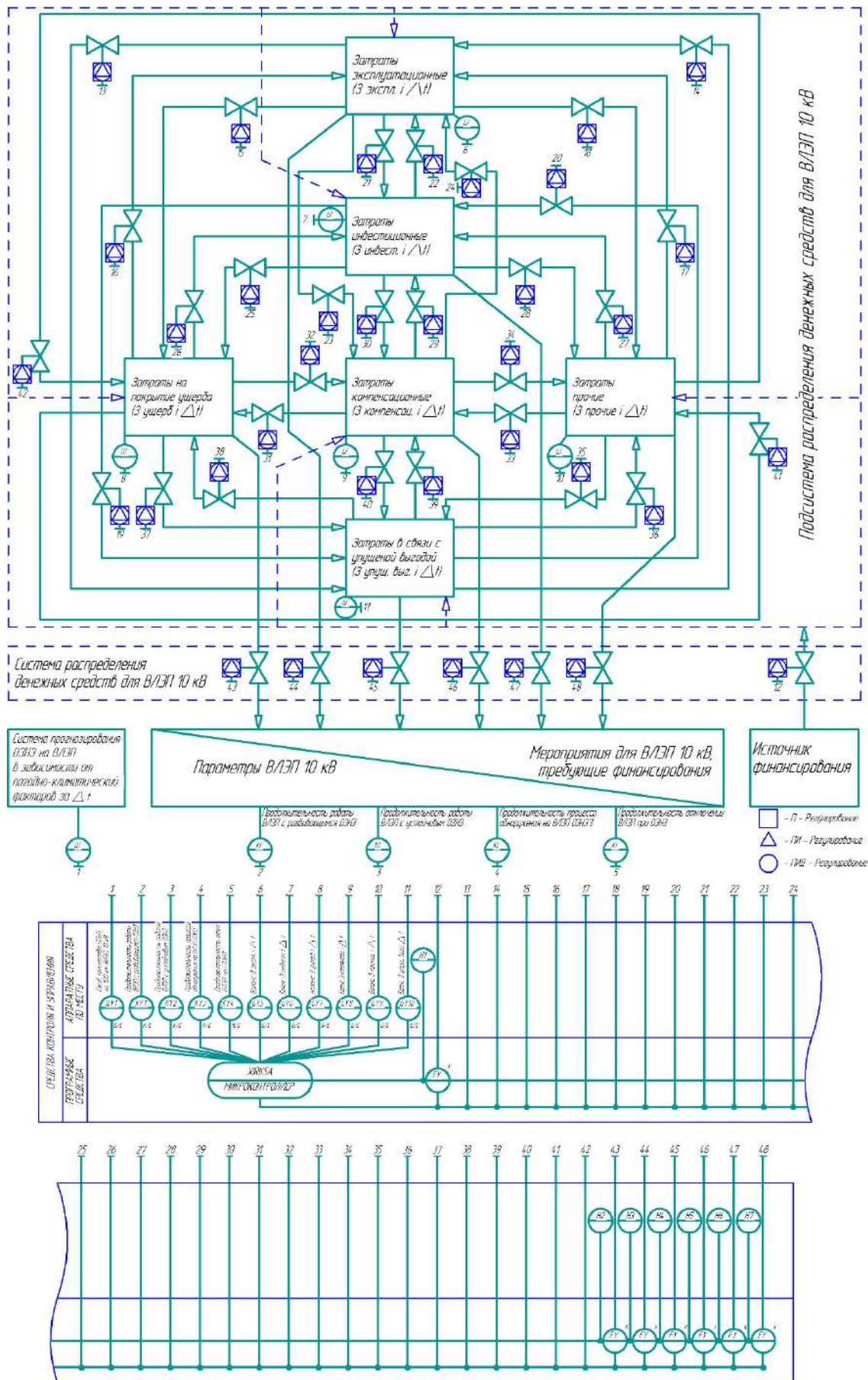


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации процесса поддержания оптимального баланса эксплуатационных затрат для ВЛЭП 10 кВ

В зависимости от комбинаций числовых значений, упорядочено оценивающих суммарные продолжительности временных событий, характеризующих ОЗНЗ по каждой из ВЛЭП 10 кВ, соответствующее программное обеспечение формирует результирующую числовую оценку эффективности их функционирования, согласно нижеприведенным критериям:

- при соответствии всех временных показателей, характеризующих ОЗНЗ, числовому значению «-1» («min») для ВЛЭП 10 кВ, расход денежных средств по отдельным статьям затрат является избыточно завышенным, т.е. линия функционирует условно эффективно;

- при соответствии всех временных показателей, характеризующих ОЗНЗ, числовому значению «0» («optim») для ВЛЭП 10 кВ, баланс денежных средств, расходуемых по всем стать-

ям затрат, является оптимальным, т.е. линия функционирует абсолютно эффективно;

- при соответствии всех временных показателей, характеризующих ОЗНЗ, числовому значению «+1» («max») для ВЛЭП 10 кВ, расход эксплуатационных затрат является несбалансированным, а по отдельным статьям затрат – крайне недостаточным, что позволяет считать, что данная линия функционирует абсолютно не эффективно;

- если числовые значения «-1»; «0»; «+1» и соответствующие им лингвистические термины «min», «optim» и «max», характеризующие ОЗНЗ для ВЛЭП 10 кВ, имеют различное, упорядоченное сочетание комбинаций, то для оценки эффективности функционирования ВЛЭП 10 кВ могут быть использованы следующие лингвистические термины [16], представленные в таблице 1.

Таблица 1

Комбинации числовых значений временных событий, характеризующих ОЗНЗ, и соответствующая им лингвистическая характеристика эффективности функционирования ВЛЭП 10 кВ

Комбинация числовых значений, характеризующих ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ	Лингвистическая характеристика эффективности функционирования ВЛЭП 10 кВ	Комбинация числовых значений, характеризующих ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ	Лингвистическая характеристика эффективности функционирования ВЛЭП 10 кВ
0; 0; 0; -1	Высокоэффективное	+1; +1; +1; 0	Практически не эффективное
0; 0; -1; -1	Достаточно эффективное	+1; +1; 0; 0	Значительно не эффективное
0; -1; -1; -1	Среднеэффективное	+1; +1; -1; -1	Средне не эффективное
0; 0; -1; +1	Малоэффективное	+1; +1; +1; -1	Сильно не эффективное
0; -1; -1; +1	По крайней мере, эффективное	+1; -1; -1; -1	В основном не эффективное
0; -1; +1; +1	По крайней мере, не эффективное	+1; 0; 0; 0	Низкоэффективное

Таким образом, микроконтроллер оценивает эффективность функционирования каждой из ВЛЭП 10 кВ и формирует соответствующие команды, устанавливающие для них оптимальное долевое соотношение между различными категориями эксплуатационных затрат.

Данные команды формируются благодаря использованию разработанного ПО, поддерживающего алгоритм самообучающейся нейронной сети [17].

Конфигурация нейронной сети, позволяющая устанавливать оптимальное долевое соотношение между различными категориями затрат для обеспечения оптимальных продолжительностей временных событий, характеризующих ОЗНЗ, представлена на рисунке 2.

Основная функция нейронной сети заключается в том, чтобы на основании значений зафиксированных продолжительностей временных событий X1-X4 (рис. 1), характеризующих ОЗНЗ, за установленный период времени формировать адекватные управляющие команды на элементы Z1-Z30, обеспечивающие соответствующее долевое соотношение между разными категориями затрат Y1-Y6 на текущий период времени. При этом нейронная сеть, обучаясь, будет самостоятельно устанавливать для каждого последующего периода времени такие долевые соотношения эксплуатационных затрат, чтобы ожидаемые на перспективу продолжительности временных событий, характеризующих ОЗНЗ, приближались к номинальному значению.

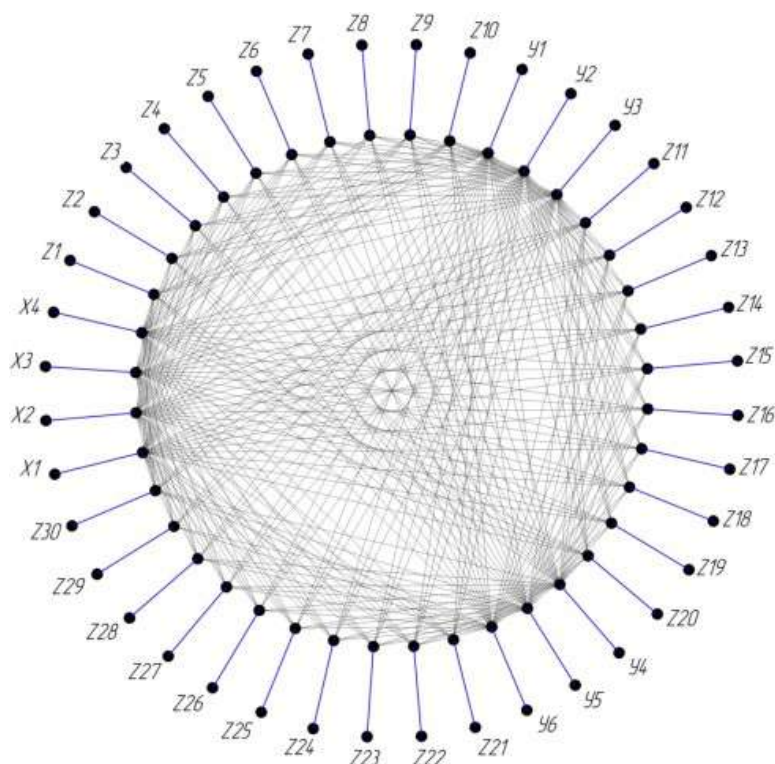


Рис. 2. Конфигурация нейронной сети для определения оптимального долевого эксплуатационных затрат

Экспериментальная часть

На первом этапе выполнения научно-исследовательской работы (НИР) проводилось обучение нейронной сети с использованием виртуальных исходных данных, полученных экспертным путем. В таблице 2 представлена выборка из массива данных, при формировании которого было опрошено 30 респондентов, имеющих стаж работы в электроэнергетике не менее 5 лет.

Экспертный опрос позволил установить гипотетическое соответствие между возможными вариантами числовых значений, соответствующи-

щих продолжительностям временных событий, характеризующих ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ и формирующих их всеми возможными вариантами долевых соотношений составляющих эксплуатационных затрат.

По итогам машинного обучения, с использованием виртуальных исходных данных, нейронная сеть при поступлении на ее вход любой из возможных комбинаций числовых значений, соответствующих продолжительностям временных событий, характеризующих ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ, демонстрировала ожидаемое от нее адекватное выходное воздействие.

Таблица 2

Выборка из массива данных, характеризующих экспертную оценку оптимального соотношения между комбинациями издержек различного типа и показателями временных событий, характеризующих ОЗНЗ

№ п/п	Долевое распределение составляющих эксплуатационных затрат для ВЛЭП 10 кВ, %						Численные значения временных показателей, характеризующих ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ (-1; 0; +1)			
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	X1	X2	X3	X4
1...	50	30	20	0	0	0	-1	-1	-1	-1
..41..	40	30	30	0	0	0	0	0	0	0
...81	10	0	0	40	30	20	+1	+1	+1	+1

Результаты исследований и их обсуждение

На основании положительных результатов, достигнутых при лабораторном тестировании

нейронной сети, в IV квартале текущего года на базе одного из районов электрических сетей ПАО «Россети-Центр» – «Орелэнерго» заплани-

рован второй этап НИР – проведение полевых испытания нейронной сети, но уже с использованием реальных исходных данных. По итогам проведения последних будет оцениваться комплексный технико-экономический эффект от внедрения разработанной САУ. При этом для определения общего объема денежных средств, осваиваемых при эксплуатации каждой из ВЛЭП 10 кВ, за установленный период времени предполагается экстраполировать количество ожидаемых для нее ОЗНЗ в соответствующий денежный эквивалент, с обеспечением возможности его корректировки в ручном режиме посредством элемента Н1 (рис. 1). При этом количество ожидаемых ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ будет определяться посредством ПО [18, 19], в зависимости от ее протяженности, технического состояния, а также действующих на нее погодноклиматических факторов.

Расход денежных средств при реализации тех или иных мероприятий в течение установленного периода времени при необходимости может также корректироваться (регулироваться) оператором посредством элементов Н2-Н7 (рис. 1). При этом могут быть реализованы три варианта освоения (регулирования расхода) денежных средств [20, 21]: «П-регулирование» – освоение денежных средств денежных средств либо не происходит, либо происходит едино-

временно в полном объеме, в момент завершения соответствующего периода времени. «ПИ-регулирование» – освоение объема денежных средств производится плавно в течение установленного периода времени. «ПИД-регулирование» – освоение денежных средств, в течение соответствующего периода времени осуществляется заранее установленным на предприятии нарастающим или убывающим итогом, зависящим от ряда факторов: погодноклиматических, организационно-технических, финансово-экономических и др. Установление оптимального закона регулирования подбирается оператором индивидуально для каждой конкретной ВЛЭП 10 кВ и является сложной научно-практической задачей, решение которой может быть реализовано лишь при обработке большого массива исходных данных, получить который представляется возможным только при массовом внедрении предлагаемой адаптивной САУ.

Заключение

Автоматическое регулирование долевого соотношения эксплуатационных затрат для каждой из ВЛЭП 10 кВ позволит обеспечивать поддержание всех продолжительностей временных событий, характеризующих ее ОЗНЗ на оптимальном уровне (рис. 3) [3].

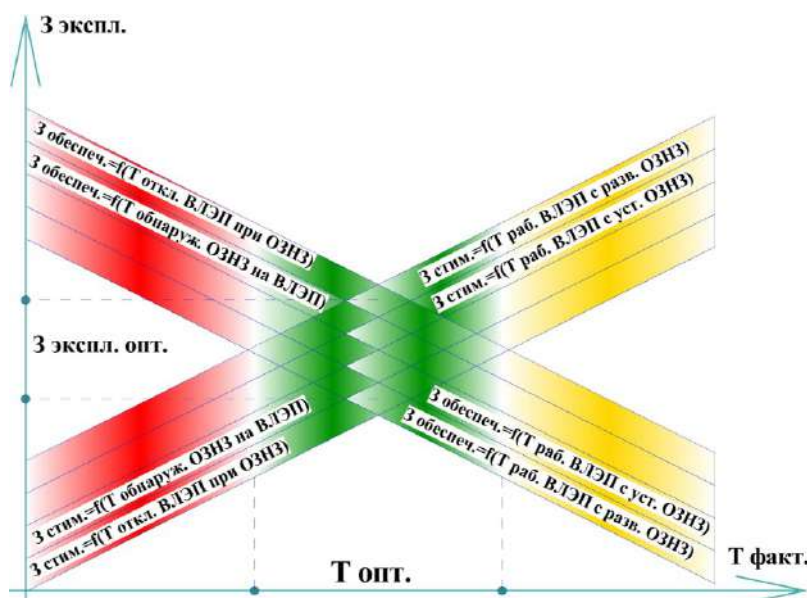


Рис. 3. Зависимости эксплуатационных затрат (Z) от продолжительности (T) временных событий, характеризующих ОЗНЗ на ВЛЭП 10 кВ

В свою очередь, это позволит электросетевому предприятию обеспечивать оптимальный годовой баланс между стимулирующими и эксплуа-

тационными затратами, а также наивысший уровень эффективности функционирования каждой ВЛЭП 10 кВ при возникновении в них ОЗНЗ.

Библиографический список

1. Мешков, Б. Н. Анализ влияния инвестиций в техническое обслуживание на частоту аварийных отказов ВЛ 6-10 кВ / Б. Н. Мешков, В. А. Чернышов. – Текст: непосредственный // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 3 (3). – С. 54-63.
2. Барг, И. Г. Воздушные линии электропередачи: Вопросы эксплуатации и надежности / И. Г. Барг, В. И. Эдельман. – Москва: Энергоатомиздат, 1985. – 258 с. – Текст: непосредственный.
3. Качанов, А. Н. К вопросу оценки эффективности функционирования воздушных электрических сетей напряжением 10 кВ с изолированной нейтралью / А. Н. Качанов, В. А. Чернышов. – DOI 10.34831/EP.2022.32.89.004. – Текст: непосредственный // Промышленная энергетика: ежемесячный производственно-технический журнал. – Москва: Изд-во НТФ «Энергопрогресс», 2022. – № 11. – С. 10-24.
4. Арбузов, Р. С. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи / Р. С. Арбузов, А. Г. Овсянников. – Новосибирск: Наука, 2009. – 135 с.
5. Цифровая энергетика: новая парадигма функционирования и развития / под редакцией Н. Д. Рогалева. – Москва: Изд-во МЭИ, 2019. – 300 с. – Текст: непосредственный.
6. Орлов, С. П. Интеллектуализация информационно-измерительных систем контроля и диагностирования на основе нейросетевых технологий / С. П. Орлов, Р. В. Гирин, О. Ю. Уютова. – Текст: непосредственный // Мягкие измерения и вычисления. – 2018. – № 4 (5). – С. 4-12.
7. Инициативная НИР. Оптимизация процессов построения и функционирования электротехнических комплексов и систем электроснабжения потребителей. – Утверждена приказом ректора ФГБОУ ВО ОГУ им. И.С. Тургенева. – № 1409 от 01.12.2022. – Текст: непосредственный.
8. Чернышов, В. А. Поддержание экологического равновесия сложноорганизованной биотехнической системы «ЛЭП – Человек – Природа» средствами автоматического управления и регулирования / В. А. Чернышов, Е. А. Печагин, А. В. Кобелев. – Текст: непосредственный // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. Н. Вернадского. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2019. – № 4 (74). – С. 26-33.
9. Повышение эффективности функционирования воздушных электрических сетей 6-10 кВ с изолированной нейтралью при однофазных замыканиях повреждениях изоляции / А. Н. Качанов, В. А. Чернышов, Б. Н. Мешков [и др.]. – Текст: непосредственный // Вести высших учебных заведений Черноземья: научно-технический и производственный журнал. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2021. – № 1 (63). – С. 80-94.
10. Теоретические аспекты краткосрочного прогнозирования однофазных замыканий на землю в воздушных распределительных сетях 10 кВ / А. Н. Качанов, В. А. Чернышов, Е. А. Печагин, А. В. Кобелев // Вести высших учебных заведений Черноземья: научно-технический и производственный журнал. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2020. – № 2 (60). – С. 28-38.
11. Качанов, А. Н. Прогнозирование вероятности возникновения однофазных замыканий на землю в распределительных сетях 10 кВ с учетом влияния погодноклиматических факторов / А. Н. Качанов, В. А. Чернышов. – Текст: непосредственный // Промышленная энергетика. – Москва, 2020. – № 10. – С. 10-17.
12. Богатиков, В. Н. Построение систем управления на основе нейронных сетей: учебнометодическое пособие / В. Н. Богатиков. – Апатиты: Изд-во КФ ПетрГУ, 2011. – 41 с. – Текст: непосредственный.
13. Чернышов, В. А. Обеспечение экологического равновесия биотехнической системы «ЛЭП-Человек-Природа», основанное на принципах кибернетики и теории автоматического управления / В. А. Чернышов. – Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 1 (70). – С. 65-73.
14. Чернышов, В. А. Оценка влияния учета времени выявления, существования, отыскания и устранения однофазных замыканий на землю в сетях 10 кВ на эффективность их функционирования / В. А. Чернышов, А. А. Гребенников. – Текст: непосредственный // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: материалы XX Международной научно-практической конференции, Орёл, 14-16 ноября 2022 года. – Орёл: Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, 2022. – С. 88-94.
15. Лизунов, И. Н. Технологии передачи данных в современных системах релейной защиты и автоматики и их показатели качества /

И. Н. Лизунов, А. Н. Васев, Р. Ш. Мисбахов [и др.]. – Текст: электронный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2017. – Т. 19, № (1-2). – С 52-63. – URL: doi.org/10.30724/1998-9903-2017-19-1-2-52-63.

16. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений / Л. Заде. – Москва: Мир, 1976. – 166 с. – Текст: непосредственный.

17. Курников, Д. С. Использование нейронных сетей в экономике / Д. С. Курников, С. А. Петров. – Текст: непосредственный // *Juvenis scientia*. – 2017. – № 6. – С. 10-12.

18. Свидетельство о государственной регистрации № 2008610196. Расчет ожидаемого количества замыканий на землю в распределительных сетях 10 кВ с изолированной нейтралью SIZAM (синоптик замыканий): программа для ЭВМ / А. И. Гавриченко, В. А. Чернышов (RU); правообладатель ФГОУ ВПО Орловский ГАУ. № 2007614271; заявл. 29.10.2007; опубл. 09.01.2008. – Текст: непосредственный.

19. Гавриченко, А. И. Экономическая эффективность мероприятий, повышающих электробезопасность сельских распределительных сетей 10 кВ с изолированной нейтралью орловской области / А. И. Гавриченко, В. А. Чернышов. – Текст: непосредственный // Энергообеспечение и безопасность: материалы II Международной выставки-Интернет-конференции, Орел, 21-23 ноября 2007 года. – Орел: Изд-во ФГОУ ВПО Орловский ГАУ, 2008. – С. 326-331.

20. Основы теории управления: учебное пособие / Ю. Ю. Громов, В. О. Драчёв, О. Г. Иванова [и др.]. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 240 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0748-3. – Текст: непосредственный.

21. Власов, Д. А. Особенности и математические основы современной экономической кибернетики / Д. А. Власов. – Текст: электронный // *Техника. Технологии. Инженерия*. – 2016. – № 2 (2). – С. 4-7. – URL: <https://moluch.ru/th/8/archive/40/1269/> (дата обращения: 20.03.2024).

References

1. Meshkov, B.N. Analiz vliianiia investitsii v tekhnicheskoe obsluzhivaniia na chastotu avariinykh otkazov VL 6-10 kV / B.N. Meshkov, V.A. Chernyshov // *Agrotekhnika i energoobespechenie*. – 2014. – No. 3 (3). – S. 54-63.

2. Barg, I.G. Vozdushnye linii elektroperedachi: Voprosy ekspluatatsii i nadezhnosti / I.G. Barg,

V.I. Edelman. – Moskva: Energoatomizdat, 1985. – 258 s.

3. Kachanov, A.N. K voprosu otsenki effektivnosti funktsionirovaniia vozdushnykh elektricheskikh setei napriazheniem 10 kV s izolirovannoi neitraliu / A.N. Kachanov, V.A. Chernyshov // *Promyshlennaia energetika: Ezhemesiachnyi proizvodstvenno-tekhnicheskii zhurnal*. – 2022. – No. 11. – S. 10-24. doi: 10.34831/EP.2022.32.89.004.

4. Arbuzov, R.S. Sovremennye metody diagnostiki vozdushnykh linii elektroperedachi / R.S. Arbuzov, A.G. Ovsiannikov. – Novosibirsk: Nauka, 2009. – 135 s.

5. Tsifrovaia energetika: novaia paradigma funktsionirovaniia i razvitiia / pod red. N.D. Rogaleva. – Moskva: Izdatelstvo MEI, 2019. – 300 s.

6. Orlov S. P., Girin R. V., Uutova O. Iu. Intelktualizatsiia informatsionno-izmeritelnykh sistem kontroliia i diagnostirovaniia na osnove neirosetevykh tekhnologii // *Miagkie izmereniia i vychisleniia*. – 2018. – No. 4 (5). – S. 4-12.

7. Initsiativnaia NIR. Optimizatsiia protsessov postroeniia i funktsionirovaniia elektrotekhnicheskikh kompleksov i sistem elektrosnabzheniia potrebiteli. – Utverzhdena prikazom rektora FGBOU VO "OGU im. I.S. Turgeneva" No. 1409 ot 01.12.2022.

8. Chernyshov, V.A. Podderzhanie ekologicheskogo ravnovesiia slozhnoorganizovannoi biotekhnicheskoi sistemy «LEP – Chelovek – Priroda» sredstvami avtomaticheskogo upravleniia i regulirovaniia / V.A. Chernyshov, E.A. Pechagin, A.V. Kobelev // *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V. N. Vernadskogo*. – 2019. – No. 4 (74). – S. 26-33.

9. Kachanov, A.N. Povysenie effektivnosti funktsionirovaniia vozdushnykh elektricheskikh setei 6-10 kV s izolirovannoi neitraliu pri odnofaznykh zamykaniakh povrezhdeniakh izoliatsii / A.N. Kachanov, V.A. Chernyshov, B.N. Meshkov, M.Sh. Garifullin, E.A. Pechagin // *Vesti vysshikh uchebnykh zavedenii Chernozemia: nauch.-tekhn. i proizvodstv. zhurnal*. – 2021. – No. 1 (63). – S. 80-94.

10. Kachanov, A.N. Teoreticheskie aspekty kratkosrochnogo prognozirovaniia odnofaznykh zamykaniia na zemliu v vozdushnykh raspredelitelnykh setiakh 10 kV / A.N. Kachanov, V.A. Chernyshov, E.A. Pechagin, A.V. Kobelev // *Vesti vysshikh uchebnykh zavedenii Chernozemia: nauch.-*

tekhn. i proizvodstv. zhurnal. – 2020. – No. 2 (60). – S. 28-38.

11. Kachanov, A.N. Prognozirovaniye veroyatnosti vozniknoveniya odnofaznykh zamykaniy na zemliu v raspredelitelnykh setiakh 10 kV s ucheto vliyaniya pogodno-klimaticheskikh faktorov / A.N. Kachanov, V.A. Chernyshov // Promyshlennaya energetika. – 2020. – No. 10. – S. 10-17.

12. Bogatkov, V.N. Postroyeniye sistem upravleniya na osnove neironnykh setey: uchebno-metodicheskoye posobie. – Apatity: Izd-vo KF PetrGU, 2011. – 41 s.

13. Chernyshov, V.A. Obespecheniye ekologicheskogo ravnovesiya biotekhnicheskoy sistemy "LEP – Chelovek – Priroda", osnovannoye na printsipakh kibernetiki i teorii avtomaticheskogo upravleniya / V.A. Chernyshov // Vestnik agrarnoy nauki. – 2018. – No. 1 (70). – S. 65-73.

14. Chernyshov, V.A. Otsenka vliyaniya ucheta vremeni vyjavleniya, sushchestvovaniya, otyskaniya i ustraneniya odnofaznykh zamykaniy na zemliu v setiakh 10 kV na effektivnost ikh funktsionirovaniya / V.A. Chernyshov, A.A. Grebennikov // Energo- i resursoberezheniye - XXI vek: materialy XX mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Orel, 14–16 noiabria 2022 goda. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2022. – S. 88-94.

15. Lizunov, I.N. Tekhnologii peredachi dannykh v sovremennykh sistemakh releinoi zashchity i avtomatiki i ikh pokazateli kachestva / I.N. Lizunov, A.N. Vasev, R.Sh. Misbakhov, V.V. Fedotov, E.A. Khuziakhmetova // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki. 2017. T. 19. No. (1-2). S. 52-63. DOI: 10.30724/1998-9903-2017-19-1-2-52-63.

16. Zade L. Poniatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primeneniye k priniatiyu priblizhennykh resheniy. – Moskva: Mir, 1976. – 166 s.

17. Kurnikov, D.S. Ispolzovaniye neironnykh setey v ekonomike / D.S. Kurnikov, S.A. Petrov // Juvenis scientia. – 2017. – No. 6. – S. 10-12.

18. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii No. 2008610196. «Raschet ozhidaemogo kolichestva zamykaniy na zemliu v raspredelitelnykh setiakh 10 kV s izolirovannoy neitraliyu SIZAM (sinoptik zamykaniy)»: programma dlya EVM / A.I. Gavrichenko, V.A. Chernyshov (RU); pravoobladatel FGOU VPO Orlovskiy GAU. No. 2007614271; zaiavl. 29.10.2007; opubl. 09.01.2008.

19. Gavrichenko, A.I. Ekonomicheskaya effektivnost meropriyatii, povyshaiushchikh elektrobezopasnost selskikh raspredelitelnykh setey 10 kV s izolirovannoy neitraliyu Orlovskoy oblasti / A.I. Gavrichenko, V.A. Chernyshov // Energoobespecheniye i bezopasnost. Sbornik materialov II Mezhdunarodnoy vystavki-Internet-konferentsii. – Orel: Izd-vo FGOU VPO Orlovskiy GAU, 2008. – S. 326-331.

20. Gromov, Iu.Iu. Osnovy teorii upravleniya: ucheb. posobie / Iu.Iu. Gromov, V.O. Drachev, O.G. Ivanova, Iu.S. Serbulov, K.A. Nabatov. – Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2008. – 240 s.

21. Vlasov, D.A. Osobennosti i matematicheskie osnovy sovremennoy ekonomicheskoy kibernetiki / D.A. Vlasov // Tekhnika. Tekhnologii. Inzheneriya. – 2016. – No. 2 (2). – S. 4-7. – URL: <https://moluch.ru/th/8/archive/40/1269/> (data obrashcheniya: 20.03.2024).



УДК 621.316.1

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-237-7-98-103

А.И. Сидоров, С.Ш. Таваров, Г.А. Полунин

A.I. Sidorov, S.Sh. Tavarov, G.A. Polunin

ВЛИЯНИЕ «АНОМАЛЬНЫХ» ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ПОЖАРООПАСНУЮ СИТУАЦИЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

INFLUENCE OF "ABNORMAL" CONSUMERS ON FIRE HAZARDOUS SITUATION IN ELECTRIC NETWORKS WITH UTILITY CONSUMERS

Ключевые слова: «аномальные» потребители, многоквартирные жилые дома, пожароопасная ситуация, электрические сети, несимметрия, машинное обучение.

Keywords: "abnormal" consumers, multi-apartment residential buildings, fire hazard, electrical networks, asymmetry, machine learning.