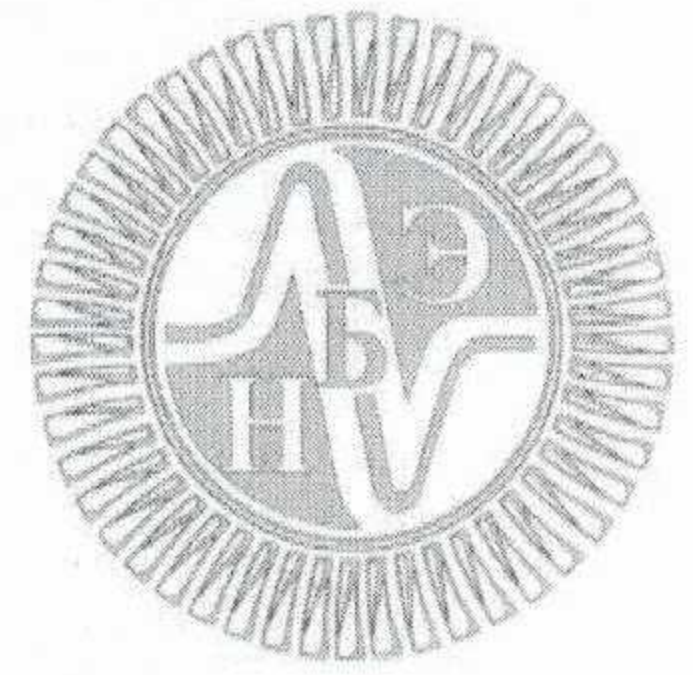
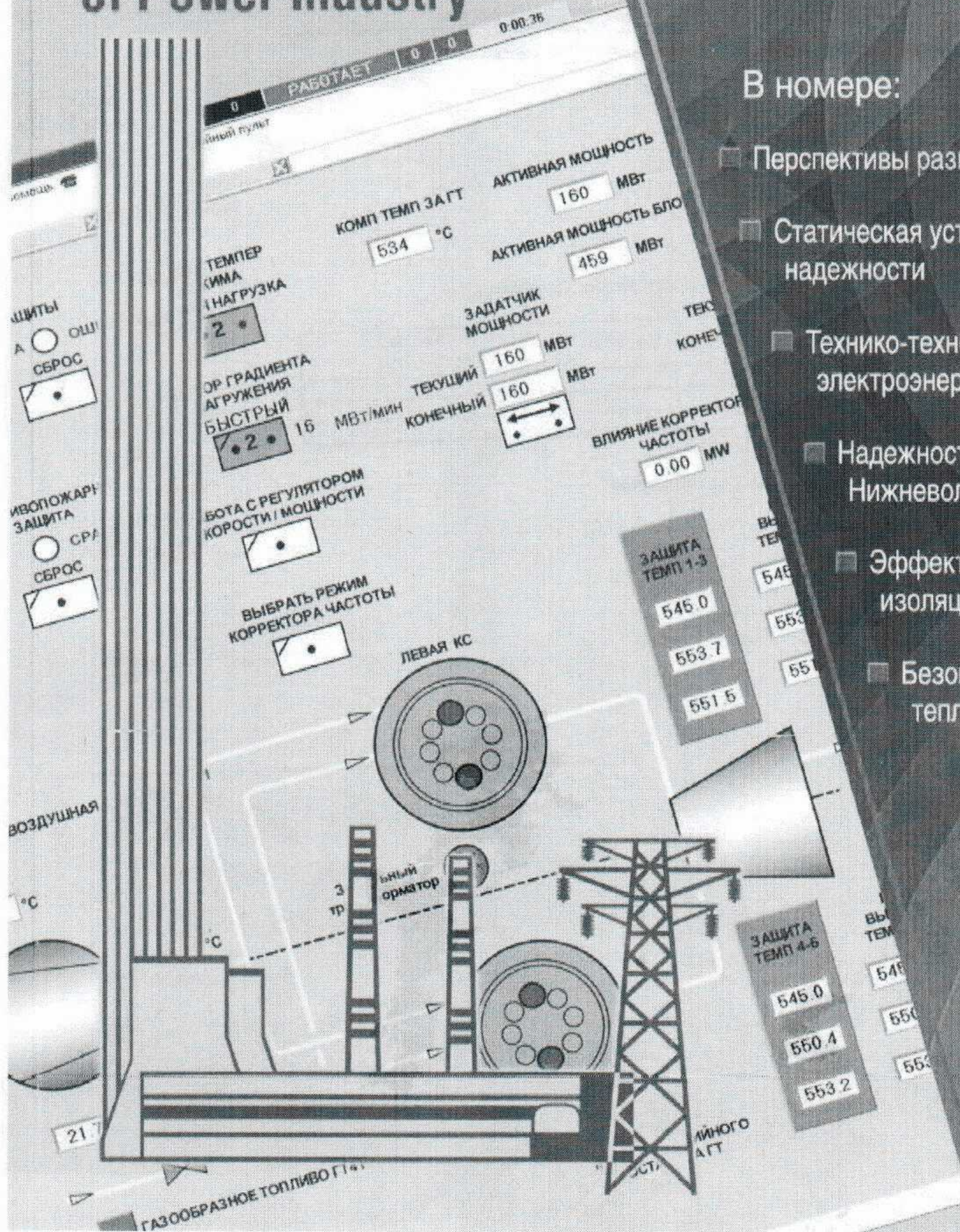


НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИКИ



Том 10 №2 2017

Safety & Reliability of Power Industry



В номере:

- Перспективы развития газотурбинных установок
- Статическая устойчивость в задачах надежности
- Техничко-технологическая устойчивость электроэнергетики Республики Беларусь
- Надежность линий электропередач Нижневолжского региона
- Эффективность тонкопленочной изоляции тепловых сетей
- Безопасная схема регулирования теплоснабжения жилых зданий

www.sigma08.ru
www.testenergo.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

Черезов А. В., Грабчак Е. П. Проблемы и перспективы развития производства газотурбинных установок высокой мощности в Российской Федерации.....	92
Непомнящий В. А. Статическая устойчивость в задачах надежности.....	98
Гибадуллин А. А. Анализ технико-технологической устойчивости электроэнергетической отрасли Республики Беларусь.....	106
Султанов М. М., Труханов В. М., Кухтик М. П., Анохина Е. П. Оценка показателей надежности линий электропередач Нижневолжского региона	113
Медведева М. Л., Кузьмин С. В., Кузьмин И. С., Шманев В. Д. Анализ и прогноз аварийности распределительных сетей и электроприемников 6–10 кВ в горной отрасли	120

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ, РАСЧЕТЫ

Урьев Е. В., Жуков С. В., Кистойчев А. В., Биялт М. А., Бочкарев Е. В., Кшесинский Д. С. О крутильных колебаниях валопроводов мощных паротурбинных агрегатов в условиях эксплуатации.....	126
Моркин М. С., Лемехов В. В., Черепнин Ю. С., Мазурин И. М., Сухих А. А. Обзор результатов и методов комплексного исследования рабочих веществ фторорганического состава энергетических установок.....	135
Закирова И. А., Чичирова Н. Д. Экспериментальное определение эффективности тепловой изоляции тепловых сетей с применением тонкопленочных покрытий.....	143
Самарин О. Д. Надежная и безопасная схема регулирования теплоснабжения жилых зданий.....	150

ДИСКУССИИ, ПРОБЛЕМЫ, МНЕНИЯ

Шарапов В. И. Оценка экономичности, экологического совершенства и надежности каталитических теплогенераторов.....	154
Куличихин В. В. Опыт эксплуатации детандер-генераторных агрегатов на ТЭЦ Мосэнерго. Исторический обзор.....	159

ЮБИЛЕИ	167
---------------------	-----

ХРОНИКА, ПУБЛИКАЦИИ	168
----------------------------------	-----

СВОЕВРЕМЕННЫЕ АФОРИЗМЫ	175
-------------------------------------	-----

CONTENTS

GENERAL ISSUES OF RELIABILITY AND SAFETY OF ENERGY

Cherezov A.V., Grabchak E. P. Problems and prospects for development of manufacture of highcapacity gas turbine plants in the Russian Federation.....	92
Nepomnyashchiy V. A. Static stability in reliability problems	98
Gibadullin A. A. Analysis of technical and technological stability of the electric power industry of the Republic of Belarus	106
Sultanov M. M., Trukhanov V. M., Kuhtik M. P., Anohina K. P. Estimation of indicators of reliability of power transmission lines in the Lower Volga region	113
Medvedeva M. L., Kuzmin S. V., Kuzmin I. S., Shmanev V. D. Analysis and forecast of accident rate of 6–10 kV distribution grids and power consumers in the mining sector	120

DESIGN, RESEARCH, CALCULATIONS

Ur'ev E. V., Zhukov S. V., Kistoychev A. V., Biyalt M. A., Bochkarev E. V., Kshesinsky D. S. On torsional oscillations of shaft trains of powerful steam turbine units under operating conditions	126
Morkin M. S., Lemekhov V. V., Tcherepnin Y. S., Mazurin I. M., Sukhikh A. A. Review of results and methods of comprehensive research of working substances of fluoroorganic composition of power plants	135
Zakirova I. A., Chichirova N. D. Experimental determination of effectiveness of thermal insulation of heating networks involving application of thin-film coatings	143
Samarin O. D. Reliable and safe arrangement for regulation of heat supply of residential buildings.....	150

DISCUSSIONS, PROBLEMS, OPINIONS

Sharapov V. I. Estimation of economic efficiency, environmental efficiency and reliability of catalytic heat generators	154
Kulichikhin V. V. Practice of operation of expander-generator units at Mosenergo CHPPs. Historical overview	159

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621.316.542.027:622.012

Анализ и прогноз аварийности распределительных сетей и электроприемников 6 – 10 кВ в горной отрасли

Медведева М. Л.¹, Кузьмин С. В.², Кузьмин И. С.², Шманев В. Д.²

¹ ООО «Экспертный центр технологических решений»
а/я 12, 620146, г. Екатеринбург, Россия

² ООО «Научно-производственное предприятие «Рутас»
Российская федерация, г. Красноярск, 660025, ул. Академика Вавилова, дом 72, офис 10

Поступила / Received 15.12.2016

Принята к печати / Accepted for publication 15.03.2017

Рассмотрены основные виды аварий в системах электроснабжения 6 – 10 кВ горных предприятий, такие, как короткие замыкания, однофазные замыкания на землю, обрыв фаз, и установлены их процентные соотношения.

Горные предприятия разбиты на три группы: предприятия по добыче полезных ископаемых открытым способом (карьеры и угольные разрезы); предприятия по добыче полезных ископаемых подземным способом (шахты и рудники); горно-перерабатывающие предприятия (обогачительные фабрики, глиноземные комбинаты, предприятия по производству удобрений).

Анализ аварийности систем электроснабжения горных предприятий, выполненный за период с 1995 по 2015 годы, позволил проследить динамику вышеуказанных видов аварий и определить их основной вид — однофазное замыкание на землю. В указанный период в системах электроснабжения 6 – 10 кВ карьеров и угольных разрезов, шахт и рудников, а также горно-перерабатывающих предприятий доля однофазных замыканий на землю соответственно находилась в следующих диапазонах: 65 – 76%; 60 – 69%; 58 – 67%. Наибольший рост аварийности за рассматриваемый период наблюдался в системах электроснабжения 6 – 10 кВ угольных разрезов и карьеров; общая аварийность с 1995 по 2015 год возросла в 3,21 раза. Данный показатель для шахт и рудников, а также горно-перерабатывающих предприятий составил 2,06 и 2,72 раза соответственно.

Показаны изменения отдельных видов аварий и общей аварийности в системах электроснабжения карьеров и разрезов, шахт и рудников и горно-перерабатывающих предприятий. Установлено, что в системах электроснабжения 6 – 10 кВ указанных горных предприятий изменения однофазных замыканий на землю и общая аварийность описываются линейными уравнениями.

На основании установленных закономерностей сделан прогноз изменения аварийности в системах электроснабжения рассматриваемых горных предприятий до 2020÷2025 гг.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: горные предприятия, карьеры, разрезы, шахты, рудники, обогачительные фабрики, глиноземные комбинаты, система электроснабжения 6 – 10 кВ, аварийность, однофазные замыкания на землю, коммутационные перенапряжения, обрыв фаз, прогноз аварийности, основной вид аварии, ограничение внутренних перенапряжений, контроль изоляции, селективность защит.

Адрес для переписки:

Медведева М. Л.
ООО «Экспертный центр технологических решений»
а/я 12, 620146, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: medvedeva@exctr.ru

Address for correspondence:

Medvedeva M.L.
LLC «Expert Center for Technology Solutions»,
PO Box 12, 620146, Ekaterinburg, Russia
e-mail: medvedeva@exctr.ru

Для цитирования:

Медведева М. Л., Кузьмин С. В., Кузьмин И. С., Шманев В. Д.
Анализ и прогноз аварийности распределительных сетей и электроприемников 6 – 10 кВ в горной отрасли. Надежность и безопасность энергетики. 2017. – Т. 10, №2. – С. 120 – 125.
DOI: 10.24223/1999-5555-2017-10-2-120-125

For citation:

Medvedeva M. L., Kuzmin S. V., Kuzmin I. S., Shmanev V. D.
[Analysis and forecast of accident rate of 6 – 10 kV distribution grids and power consumers in the mining sector]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*. 2017, vol. 10, no. 2, pp. 120 – 125 (in Russian).
DOI: 10.24223/1999-5555-2017-10-2-120-125

Analysis and forecast of accident rate of 6 – 10 kV distribution grids and power consumers in the mining sector

Medvedeva M. L.¹, Kuzmin S. V.², Kuzmin I. S.², Shmanev V. D.²

¹ LLC «Expert Center for Technology Solutions»
PO Box 12, 620146, Ekaterinburg, Russia

² LLC «Scientific and Production Enterprise «Rutas»
Russian Federation, Krasnoyarsk, 660025, st. Academician Vavilov, house 72, office 10

The main types of accidents in 6 – 10 kV power supply systems of mining enterprises are considered, such as short circuits, single-phase earth faults, phase failures, with their percentage relationships established.

Mining enterprises are divided into three groups: open-cut mining enterprises (quarries and open coal pits); enterprises for extraction of minerals by underground method (underground coal and ore mines); mining & processing enterprises (concentrating factories, alumina plants, fertilizer production enterprises).

The analysis of the accident rate of power supply systems of mining enterprises carried out for the period from 1995 to 2015 makes it possible to trace the dynamics of the above types of accidents and determine their most common form — single-phase earth fault. Over the above period, in the 6 – 10 kV power supply systems of quarries and open coal pits, underground coal and ore mines, and mining & processing enterprises, the share of single-phase earth faults was found to be within the following ranges: 65 – 76%; 60 – 69%; 58 – 67%, respectively. The greatest increase in accidents during the period under review was observed in 6 – 10 kV power supply systems of quarries and open coal pits; with the total accident rate having risen with a factor of 3.21 from 1995 to 2015. The accident rate growth factor for underground coal and ore mines, and mining & processing enterprises amounted to 2.06 and 2.72, respectively.

The changes are shown in specific types of accidents and general accident rate in the systems of electricity supply to quarries and open pits, underground coal and ore mines, and mining & processing enterprises. It is established that in the 6 – 10 kV power supply systems of the above-mentioned mining enterprises, the changes in single-phase earth faults and general accident rate are described by linear equations.

On the basis of established patterns, a forecast is made of the change in the accident rates in power supply systems of the mining enterprises under consideration up to the years 2020 + 2025.

KEYWORDS: mining enterprises, quarries, open coal pits, underground coal mines, ore mines, concentrating plants, alumina plants, power supply system 6 – 10 kV, accident rate, single-phase short circuit on the earth, switching overvoltage, phase failure, accident forecast, the main type of accident, limitation of internal overvoltage's, insulation control, selectivity of protection.

Современный этап развития систем электроснабжения 6 – 10 кВ горной отрасли связан с широким использованием вакуумных коммутационных аппаратов, тиристорных преобразователей, частотнорегулируемых приводов.

Это позволяет снизить затраты на обслуживание высоковольтных выключателей и повысить эффективность. В то же время использование вакуумных выключателей и контакторов приводит к росту уровня коммутационных перенапряжений (КП) [1 – 2]. Тиристорные преобразователи и частотнорегулируемые приводы негативно влияют на качество электрической энергии за счет генерации высших гармоник [3].

Указанные факторы, в первую очередь, негативно влияют на изоляцию существующего электрооборудования, кабельных и воздушных линий. В сочетании с длительной эксплуатацией, воздействием климатических факторов (влажность воздуха, низкие температуры) и технологическими факторами, связанными с высокими вибрационными нагрузками и перемещением фронта работ, происходит интенсивное старение изоляции и снижение диэлектрической прочности, что впоследствии вызывает электрический пробой изоляции. Электрический пробой изоляции сопровождается однофазным замыканием на землю (ОЗЗ)

или двух(трех)фазным коротким замыканием (КЗ).

До настоящего времени нет единого мнения, какая из аварий в сети 6 – 10 кВ является преобладающей, что затрудняет выработку комплексного подхода, позволяющего свести к минимуму число аварий в сетях 6 – 10 кВ.

Целью настоящей статьи является определение основных видов аварий в системах электроснабжения 6 – 10 кВ горных предприятий на основании анализа аварийности распределительных сетей и электрооборудования в период с 1995 по 2015 годы и, как следствие, составление прогноза аварийности до 2020+2025 гг.

Для достижения поставленной цели предприятия горной отрасли были разбиты на три группы: предприятия по добыче полезных ископаемых открытым способом (карьеры и разрезы), предприятия по добыче полезных ископаемых подземным способом (шахты и рудники) и горно-перерабатывающие предприятия, что позволило оценить влияние климатических и технологических факторов на аварийность.

Системы электроснабжения и электроприемники на карьерах и разрезах подвергаются существенному воздействию климатических факторов, связанных с изменением температуры, влажности и солнечной ра-

диации, а также технологических факторов, обусловленных перемещением фронта работ, буровзрывными работами и вибрационными нагрузками.

На шахтах и рудниках, в основном, присутствуют вышеперечисленные технологические факторы, но отсутствует влияние климатических факторов.

На горно-перерабатывающих предприятиях отсутствуют технологические факторы, обусловленные перемещением фронта работ и буровзрывными работами, сведено к минимуму влияние климатических факторов.

В качестве базовых объектов были выбраны следующие предприятия: угольные разрезы и шахты Красноярского края, Иркутской и Кемеровской областей и Республики Казахстан; железорудные карьеры, рудники и обогатительные фабрики Урала, Сибири и Соколовско-Сарбайского месторождения республики Казахстан; рудники и обогатительные фабрики минеральных удобрений на Урале и в Республике Беларусь, а также крупнейший комбинат по производству глинозема, расположенный в г. Ачинске Красноярского края.

Общая протяженность воздушно-кабельных линий напряжением 6–10 кВ на рассматриваемых карьерах и разрезах, шахтах и рудниках, а также горно-перерабатывающих предприятиях соответственно составили 2200, 2000 и 2100 км.

Было проанализировано около 40135 аварийных отключений за указанный период. Из них на карьеры и угольные разрезы, шахты и рудники, горно-перерабатывающие предприятия соответственно приходится 28261, 9006, 2868 аварийных отключений.

В таблице 1 представлено распределение между видами аварий по пятилетним периодам с 1995 по 2015 годы для рассматриваемых предприятий. Подобная

информация по аварийным ситуациям в распределительных сетях 6–10 кВ позволяет определить удельный вес отдельных аварий в общем количестве аварийных ситуаций.

Обработка данных по аварийным отключениям в распределительных сетях 6–10 кВ показала, что процентное соотношение между КЗ, ОЗЗ и обрывами фаз в рассматриваемый период времени соответственно составляет 15, 70 и 19%. В 3% случаев тип аварий установить не удалось.

Процентное распределение по пятилетним периодам рассматриваемых видов аварий приведено на рисунке 1.

Таким образом, можно утверждать, что основным видом аварий в распределительных сетях напряжением 6–10 кВ для промышленных предприятий горной отрасли являются ОЗЗ.

На рисунке 2 приведено распределение по годам КЗ, ОЗЗ и обрывов фаз, приходящихся на один километр воздушно-кабельной линии (l) в распределительных сетях 6–10 кВ рассматриваемых предприятий.

Это позволяет выявить тенденцию изменения определенных видов аварий распределительных сетей и электроприемников напряжением 6–10 кВ промышленных предприятий в рассматриваемый период времени и сделать прогноз на ближайшие 5–10 лет.

Анализ данных, представленных на рисунке 2, показывает, что наибольшее число аварийных отключений наблюдается в распределительных сетях карьеров. За период с 2010 по 2015 годы аварийные отключения линий и электроприемников напряжением 6–10 кВ на карьерах и угольных разрезах происходят чаще по сравнению с шахтами, рудниками и горно-перерабатывающими предприятиями соответственно

Таблица 1. Распределение видов аварий в системах электроснабжения 6–10 кВ.

Table 1. Distribution of types of accidents in systems of power supply of 6–10 kV.

Вид аварии / View Accidents	Год / Year			
	1995 ÷ 2000	2000 ÷ 2005	2006 ÷ 2010	2011 ÷ 2015
Карьеры и угольные разрезы, $L_{\text{КЗ и ВЛ}} = 2200$ км / Careers and coal cuts, $L_{\text{CL and AL}} = 2200$ km				
КЗ / Short-circuit	662	792	1008	1190
ОЗЗ / Single-phase short circuit on the earth	2190	3630	6554	8100
Обрыв фазы / Phase failure	443	616	883	1320
Неустановленная причина / Unspecified reason	101	134	168	470
Шахты и рудники, $L_{\text{КЗ и ВЛ}} = 2000$ км / Mines, $L_{\text{CL and AL}} = 2000$ km				
КЗ / Short-circuit	320	378	486	475
ОЗЗ / Single-phase short circuit on the earth	864	1191	1863	2020
Обрыв фазы / Phase failure	218	246	297	386
Неустановленная причина / Unspecified reason	43	76	54	89
Горно-перерабатывающие предприятия, $L_{\text{КЗ и ВЛ}} = 2100$ км / Mountain processing enterprises, $L_{\text{CL and AL}} = 2100$ km				
КЗ / Short-circuit	85	112	107	253
ОЗЗ / Single-phase short circuit on the earth	233	417	503	653
Обрыв фазы / Phase failure	63	74	103	128
Неустановленная причина / Unspecified reason	19	12	39	64

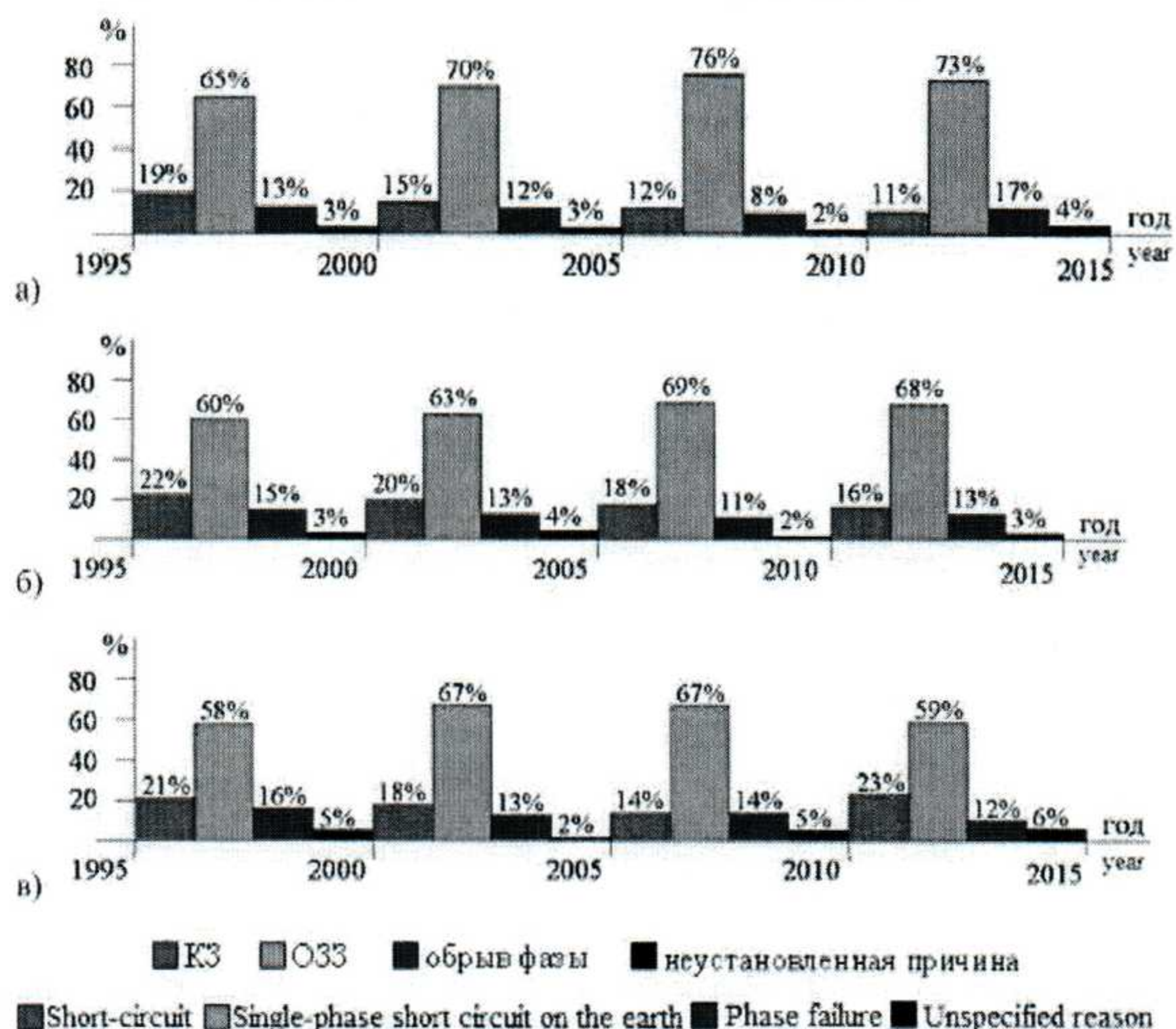


Рисунок 1. Процентное распределение между КЗ, ОЗЗ и обрывом фаз в распределительных сетях 6–10 кВ в период с 1995 по 2015 гг.: а) карьеры и угольные разрезы; б) шахты и рудники; в) горно-перерабатывающие предприятия.

Figure 1. Percentage distribution between short-circuit, single-phase earth fault and phase failure in 6–10 kV distribution networks over the period from 1995 to 2015: а) quarries and open coal pits; б) underground coal and ore mines; в) mining & processing enterprises.

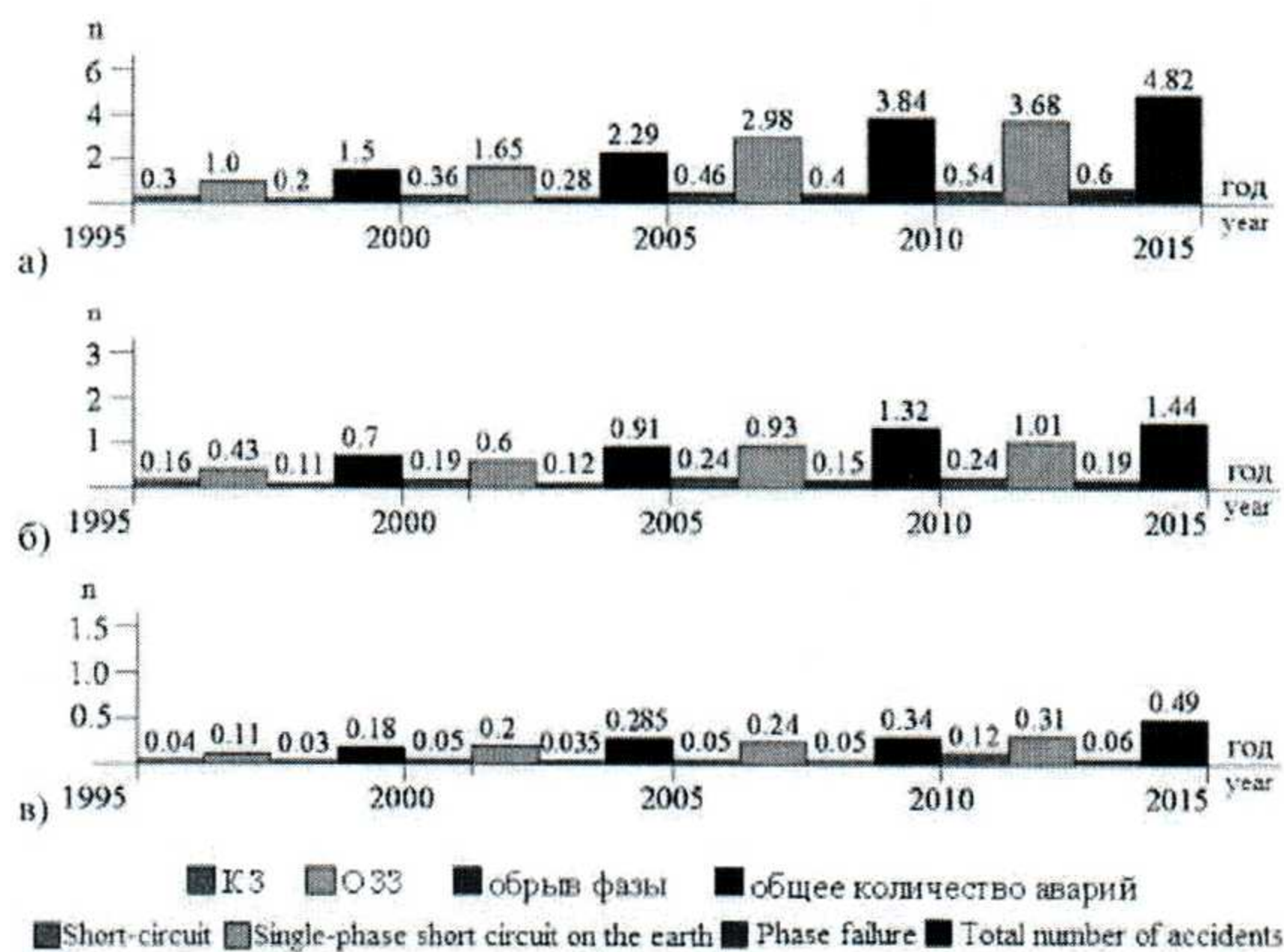


Рисунок 2. Динамика аварийности распределительных сетей и электроприемников напряжением 6–10 кВ промышленных предприятий: а) карьеры и угольные разрезы; б) шахты и рудники; в) горно-перерабатывающие предприятия.

Figure 2. Dynamics of accident rates in 6–10 kV distribution networks and power consumers of industrial enterprises: а) quarries and open coal pits; б) underground coal and ore mines; в) mining & processing enterprises.

в 3,34 и 9,34 раза. При этом аварийность распределительных сетей и электроприемников напряжением 6–10 кВ с 1995 по 2015 год на карьерах и угольных разрезах, шахтах и рудниках, горно-перерабатывающих предприятий возросла соответственно в 3,21; 2,06; 2,72 раза.

Интенсивный рост аварийности на угольных разрезах и карьерах по сравнению с шахтами, рудниками и горно-перерабатывающими предприятиями связан с постоянным перемещением фронта работ и негативным влиянием климатических факторов, особенно в осенне-весенний периоды года, которые характеризуются резкими перепадами температуры воздуха и большим количеством выпадающих осадков.

Закономерности изменения отдельных видов повреждений (КЗ, ОЗЗ, обрывы фаз и аварийность в целом) систем электроснабжения горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятий, приходящиеся на 1 км распределительной сети 6–10 кВ в зависимости от порядкового номера пятилетнего периода (х), начиная с 1995 г., представлены на рисунке 3 и хорошо описываются уравнениями, приведенными в таблице 2.

При этом относительная погрешность (δ_{\max}) не превышает 15%. Это указывает на то, что полученные выражения с достаточной для практики точностью можно использовать для прогноза аварийности распределительных сетей и электроприемников напряжением 6–10 кВ промышленных предприятий на ближайшие 5–10 лет.

Если системы электроснабжения и электрооборудование напряжением 6–10 кВ горных предприятий будут эксплуатироваться в прежних условиях, то общая аварийность распределительных сетей и электроприемников на карьерах и угольных разрезах, шахтах и рудниках, горно-перерабатывающих предприятиях в период до 2020 г. соответственно возрастет на 23, 17, 21%, а до 2025 года соответственно на 46; 34; 42%.

При этом в ближайшую пятилетку в системах электроснабжения 6–10 кВ карьеров и разрезов КЗ и ОЗЗ будут возникать чаще соответственно в 1,13

Таблица 2. Уравнения, описывающие динамику аварийности распределительных сетей и электроприемников 6–10 кВ промышленных предприятий за период с 1995 по 2015 гг.

Table 2. Equations describing the dynamics of accident rates in 6–10 kV distribution networks and power consumers of industrial enterprises over the period from 1995 to 2015.

Промышленные предприятия / Industrial enterprises	Вид аварий / View Accidents	Вид уравнения / Form of equation	δ_{\max} %	Прогноз роста аварий до 2020 г. / Forecast growth of accidents until 2020
Карьеры и угольные разрезы / Careers and coal cuts	КЗ / Short-circuit	$y = 0,068\delta + 0,265$	11,4	1,13
	ОЗЗ / Single-phase short circuit on the earth	$y = 0,893\delta + 0,107$	14,5	1,24
	Обрыв фазы / Phase failure	$y = 0,027\delta^2 + 0,173$	4,0	1,4
	Общая аварийность / Total accidents	$y = 1,107\delta + 0,393$	13,8	1,23
Шахты и рудники / Mines	КЗ / Short-circuit	$y = 0,024\delta + 0,145$	9,6	1,1
	ОЗЗ / Single-phase short circuit on the earth	$y = 0,193\delta + 0,237$	12,2	1,19
	Обрыв фазы / Phase failure	$y = 0,027\delta + 0,083$	14,2	1,14
	Общая аварийность / Total accidents	$y = 0,247\delta + 0,453$	9,5	1,17
Горно-перерабатывающие предприятия / Mountain processing enterprises	КЗ / Short-circuit	$y = 0,004\delta^2 + 0,036$	3,0	1,27
	ОЗЗ / Single-phase short circuit on the earth	$y = 0,067\delta + 0,043$	11,0	1,22
	Обрыв фазы / Phase failure	$y = 0,1\delta + 0,2$	14,3	1,17
	Общая аварийность / Total accidents	$y = 0,103\delta + 0,077$	13,5	1,21

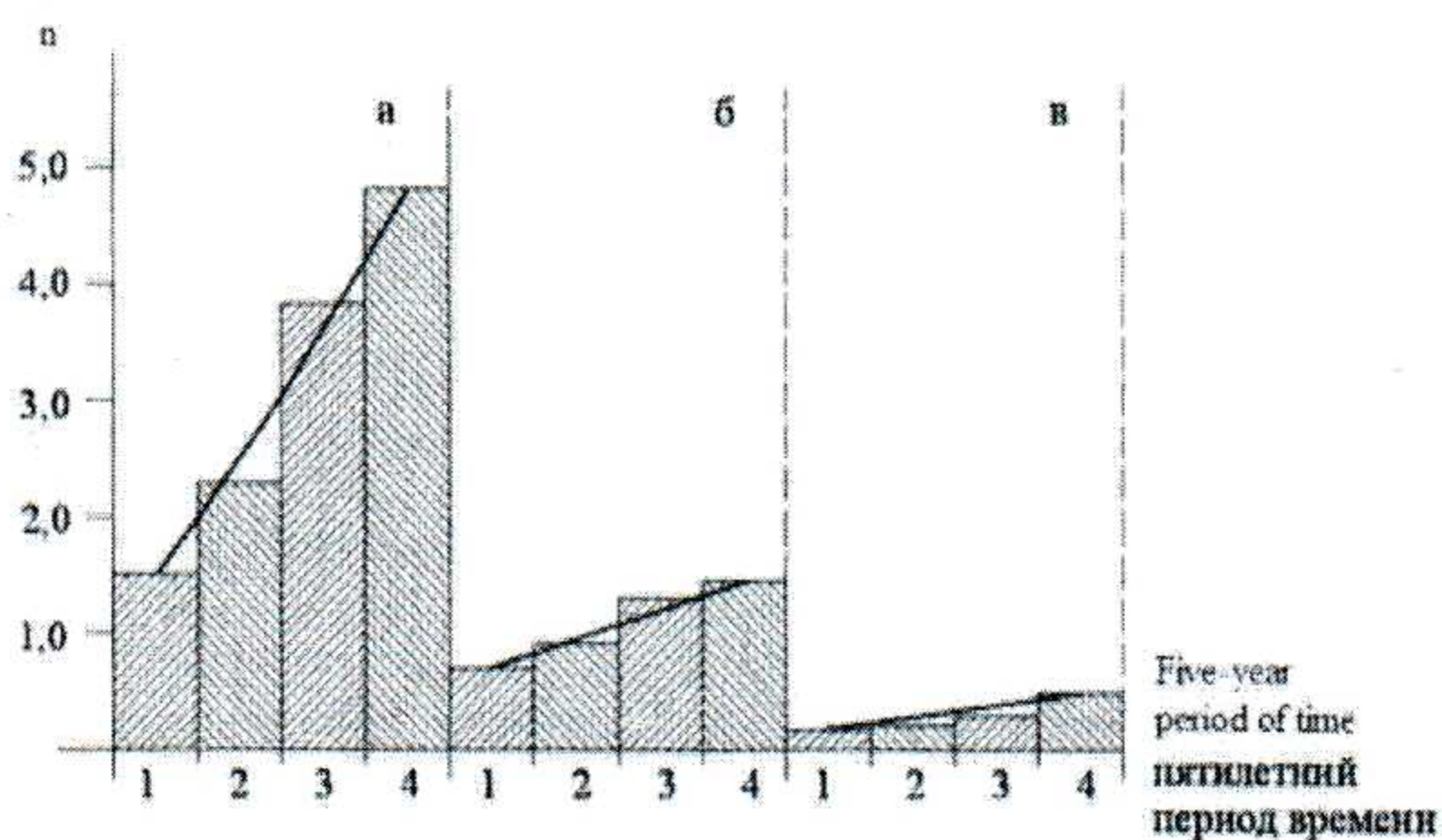


Рисунок 3. Закономерности изменения общей аварийности в целом распределительных сетей и электроприемников напряжением 6–10 кВ промышленных предприятий: а) карьеры и угольные разрезы; б) шахты и рудники; в) горно-перерабатывающие предприятия.

Figure 3. The patterns of change in the overall accident rate in 6–10 kV distribution networks and power consumers of industrial enterprises: a) quarries and open coal pits; b) underground coal and ore mines; c) mining & processing enterprises.

и 1,24 раза, а обрывы отдельных фаз воздушно-кабельных линий увеличатся практически в 2 раза.

В системах электроснабжения 6 кВ шахт и рудников КЗ, ОЗЗ и обрывы фаз сети к 2020 году могут возрасти соответственно в 1,1; 1,19 и 1,24 раза.

Повреждение изоляции распределительных сетей и электроприемников напряжением 6–10 кВ горно-перерабатывающих предприятий, приводящее к КЗ и ОЗЗ, к 2020 г. может возрасти в 1,27 и 1,22 раза соответственно, а обрывы фаз сети увеличатся в 1,23 раза.

Очевидно, что подобный рост аварийности в системах электроснабжения 6–10 кВ горных предприятий негативно отразится не только на выпуске готовой продукции, что приведет к росту себестоимости конечного продукта, но и на условиях электробезопасности.

Учитывая, что Россия в августе 2012 года стала полноправным членом Всемирной торговой организации, рост себестоимости продукции снизит конкурентоспособность конечного продукта на международном рынке и рентабельность предприятия.

Выявленный рост аварийности распределительных сетей и электроприемников напряжением 6–10 кВ в настоящее время с учетом прогноза до 2020–2025 года отрицательно отразится на экономике предприятий горной отрасли и, как следствие, будет иметь негативный социальный эффект.

Для снижения аварийности в распределительных сетях горных предприятий, в первую очередь, необходимо усовершенствовать методы и средства борьбы с однофазными замыканиями на землю, направленные на:

- ограничение негативного воздействия на изоляцию внутренних перенапряжений;
- внедрение системы автоматического контроля уровня изоляции отдельных присоединений и линий в момент их подключения к системе электроснабжения;
- достижение 100% селективности в работе защит от ОЗЗ.

Выводы

1. Основной причиной аварийных отключений в системах электроснабжения 6–10 кВ горных предприятий является ОЗЗ, т. к. на их долю приходится более 70% аварийных отключений

2. Наиболее интенсивный рост аварийности распределительных сетей и электроприемников напряжением 6–10 кВ наблюдается на угольных разрезах и карьерах по сравнению с шахтами, рудниками и горно-перерабатывающими предприятиями. Аварийность на угольных разрезах и карьерах соответственно выше в 3,34 и 9,34 раза.

3. Закономерность изменения общей аварийности в системах электроснабжения 6–10 кВ горных предприятий имеет линейную зависимость, что может привести к росту аварийности распределительных сетей и электро-

приемников в ближайшие 5 лет на угольных разрезах и карьерах, шахтах и рудниках, горно-перерабатывающих предприятиях соответственно на 23, 17, 21%, а до 2025 г. на 46, 34 и 42%, если условия эксплуатации электродвигателей, трансформаторов, кабельных и воздушных линий останутся без изменения.

4. Для снижения аварийности в распределительных сетях 6–10 кВ необходимо дальнейшее усовершенствование методов и средств борьбы с ОЗЗ.

Список использованных источников

1. Кузьмин Р. С. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность систем электроснабжения 6 кВ шахт и рудников [Текст] / Р. С. Кузьмин, В. В. Павлов, Р. А. Майнагашев, И. С. Зыков, В. В. Дементьев // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. №2. С. 31 – 33.
2. Кузьмин С. В. Анализ аварийности в системе электроснабжения 6–10 кВ горно-металлургических предприятий Сибири [Текст] / С. В. Кузьмин, И. С. Зыков, Р. А. Майнагашев, К. П. Ящук // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. №3. С. 23–25.
3. Абрамович Б. Перенапряжения и электромагнитная совместимость оборудования электрических сетей 6–35 кВ [Текст] / Б. Абрамович, С. Кабанов, А. Сергеев, В. Полищук // Новости электротехники. – 2002. – №5. – С. 22 – 24.

References

1. Kuzmin R. S. Influence of switching overvoltages on reliability of power supply systems of 6 kV of underground coal and ore mines [Text] / R. S. Kuzmin, V. V. Pavlov, R. A. Mainagashev, I. S. Zykov, V. V. Dementiev // Mining equipment and electromechanics. – 2011. – No. 2 – P. 31 – 33.
2. Kuzmin S. V. Analysis of accidents in the power supply system of 6–10 kV mining and metallurgical enterprises of Siberia [Text] / S. V. Kuzmin, I. S. Zykov, R. A. Maynagashev, K. P. Yashchuk // Mining equipment and electromechanics. – 2009. – №3. – С. 23–25.
3. Abramovich, B. Overvoltage and Electromagnetic Compatibility of Electrical Equipment of 6–35 kV Electrical Networks [Text] / B. Abramovich, S. Kabanov, A. Sergeev, V. Polishchuk // News of Electrical Engineering. – 2002. – №5. – С. 22 – 24.

