

з режиму тяги у режим гальмування в залежності від ряду факторів, які враховують конструктивні особливості системи електроприводу та початкові умови у колі гальмування.

Список літератури

1. **Волотковский С.А.** Рудничная электровозная тяга. - М.: Недра, 1981. - 389с.
 2. **Синчук О.Н.** Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов / О.Н. Синчук, И.О. Синчук, Н.Н. Юрченко, А.А. Чернышов, О.А. Удовенко, О.В. Пасько, Э.С. Гузов. Научное издание. – Київ: ІЕДНАНУ, 2006. – 252с.
 3. **Тихменев Б.Н., Трахтман Л.Н.** Подвижной состав электрифицированных железных дорог. - М.: Транспорт, 1980. - 471 с.
 4. **Алексеев Н.И.** Оптимизация систем электрической тяги в подземных выработках шахт. - М.: Недра, 1979. - 252 с.
 5. **Синчук О.Н., Чумак В.В., Ершов О.В.** Импульсные системы управления и защита на рудничном электровозном транспорте. Монография – АДЕФ – Украина, 1998. – 280 с.
 6. **Гаврилов Я.И., Мнацаканов В.А.** Вагоны метрополитена с импульсными преобразователями. - М.: Транспорт, 1986. - 229 с.
- Рукопис подано до редакції 16.04.16

УДК 621.316.14

А.Г. ЛИКАРЕНКО, канд.техн.наук, доц., А.А. ПЕТРИЧЕНКО, ассистент,
Р.В. ЗИМАНКОВ, аспирант, Криворожский национальный университет

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ КРИВБАССА В НЫНЕШНИХ УСЛОВИЯХ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье приведены результаты исследований состояния изоляции распределительных сетей шахт Криворожского железорудного бассейна. Анализ параметров изоляции сетей железорудных шахт является важным этапом для повышения эффективности функционирования существующих и разработки новых аппаратов защиты от утечек тока, задача которых осуществлять безопасность горнорабочих при эксплуатации электротехнических комплексов в подземных горных выработках. Эффективная и стабильная работа аппаратов защиты от утечек определяется правильностью измерения активного сопротивления и емкости изоляции сети, т.е. косвенного определения токов утечки, дальнейшей компенсации емкостных токов утечки и обеспечения достаточно быстрого отключения сети при повреждении изоляции или прикосновении человека. Проведен анализ и статистическая оценка электрических параметров изоляции сетей железорудных шахт. Полученные результаты рекомендуется принимать в качестве исходных данных при разработке эксплуатационно-технических требований к устройствам защитного отключения в распределительных сетях железорудных шахт.

Ключевые слова: железорудные шахты, распределительная сеть, ток утечки, аппарат защиты от утечек

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Необходимость проведения экспериментальных исследований по установлению диапазонов изменения параметров изоляции рудничных распределительных сетей относительно земли существовала уже давно и обусловлена тем, что на шахтах Кривбасса такие полноценные исследования проводились лишь в период 1978-1980 гг. [2]. Поэтому результаты этих исследований сегодня не отражают фактическое состояние изоляции нынешних электрических сетей. Это связано с тем, что за истекшее с того момента время произошли существенные изменения как в схемах электроснабжения горных участков, так и в применении другого электрооборудования (регулируемого электропривода), кабельной продукции, коммутационной и защитной аппаратуре.

Изложение материала и результаты. Экспериментальные исследования были произведены на следующих объектах: ш. Гвардейская, ш. Октябрьская, ш. Родина, ш. Ленина (ПАО «КЖРК»), а также на ш. Артем-1 и ш. Артем-2. При этом следует отметить, что горногеологические и горнотехнические условия месторождений примерно одинаковы почти для всех шахт Кривбасса, что позволяет предположить, что результаты исследований по ряду шахт можно распространить и на остальные шахты Криворожского бассейна.

Измерение электрических параметров изоляции сетей относительно земли производились методом КГРИ [3].

По результатам экспериментов полная и активная проводимости определялись расчетным путем при искусственном смещении нейтрали трансформатора на середину вектора линейного напряжения.

Емкость электрических сетей определялась расчетным путем по результатам измерений полного и активного сопротивлений относительно земли.

Измерения производились после отключения от сети реле утечки, что позволило получить электрические параметры «чистых» сетей относительно земли.

Так как активное сопротивление и емкость изоляции сети являются случайными величинами, их удобно для наглядности представить в виде графиков.

Согласно теории вероятности задать случайную величину – задать функцию ее распределения $F(x) = P(X < x)$.

Эта функция показывает вероятность того, что случайная величина X примет значение меньше, чем произвольное действительное значение x .

Результаты экспериментов также можно представить и в виде плотности распределения вероятностей $P(x) = d[F(x)]/dx$.

Расчет функций и плотностей распределения активного сопротивления и емкости сетей относительно земли приведен в табл. 1.

Таблица 1
Расчет функций и плотностей распределения параметров изоляции сетей железорудных шахт Кривбасса

Интервал	Абсолютная частота, m	Относительная частота, $w = m_i / \sum m$	Плотность распределения, w/h	Функция распределения вероятности
Активное сопротивление, кОм				
0-10	22	0,366	0,036	0,366
10-20	17	0,283	0,028	0,65
20-30	12	0,2	0,02	0,85
30-40	6	0,1	0,01	0,95
40-50	2	0,033	0,0033	0,98
50-60	1	0,016	0,0013	1
Емкость, мкФ				
0-0,5	5	0,083	0,166	0,083
0,5-1,0	11	0,183	0,366	0,266
1,0-1,5	10	0,166	0,333	0,433
1,5-2,0	12	0,2	0,4	0,633
2,0-2,5	7	0,116	0,233	0,75
2,5-3,0	10	0,166	0,333	0,916
3,0-3,5	3	0,05	0,1	0,966
3,5-4,0	2	0,033	0,066	1

где h - длина соответствующего интервала.

Графически функции и плотности распределения параметров изоляции сетей представлены на рис. 1,2.

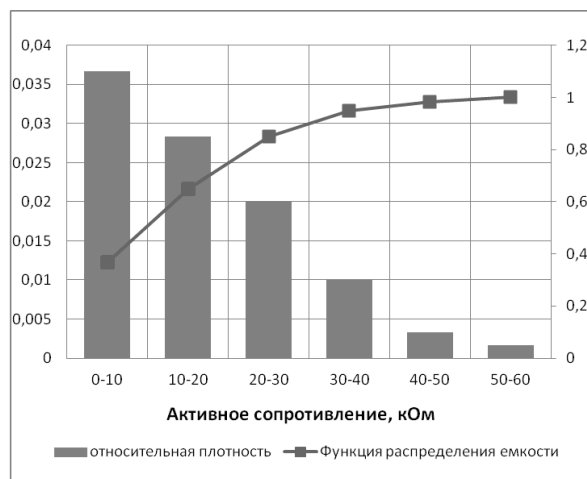


Рис. 1. Функция и плотность распределения активного сопротивления изоляции электрических сетей

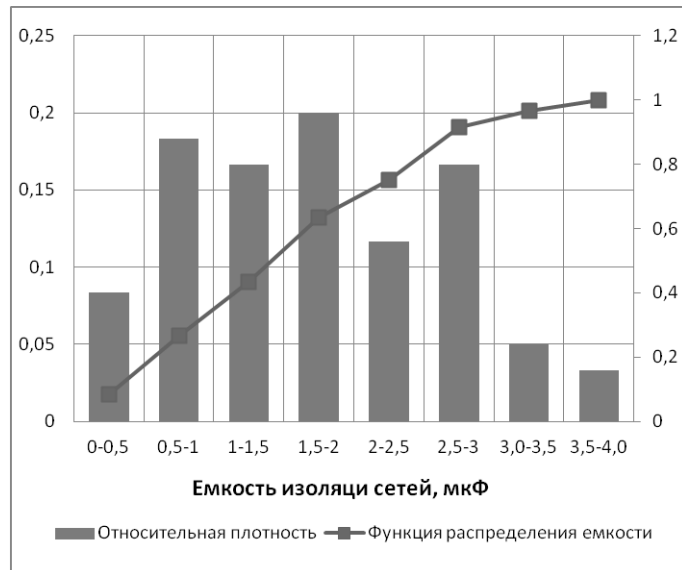


Рис. 2. Функция и плотность распределения емкости изоляции электрических сетей

Анализ и оценка полученных результатов исследований электрических параметров сетей позволил установить диапазон их изменения и устойчивые уровни [4]. Эти установленные данные приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Диапазон изменений и устойчивые уровни электрических параметров сетей железорудных шахт Кривбасса относительно земли

Наименование параметра	Значения параметров		Устойчивый уровень
	min	max	
Активное сопротивление, кОм	3,94	52,2	4,0-30,0
Емкость, мкФ	0,235	3,72	0,5-3,0

Для статистической обработки и дальнейшей оценке полученных результатов исследования весь массив полученных данных об электрических параметрах изоляции сетей железорудных шахт относительно земли был систематизирован согласно разбиения рабочего диапазона емкости изоляции сетей (0 – 3)мкФ на интервалы. Были установлены парные статистические значения емкости и активного сопротивления изоляции сетей, попадающих в соответствующий интервал разбиения (табл. 3).

Таблица 3

Результаты систематизации электрических параметров изоляции сети

Интервал 0-0,5 мкФ		Интервал 0,5-1,0		Интервал 1,0-1,5 мкФ		Интервал 1,5-2,0 мкФ		Интервал 2,0-2,5 мкФ		Интервал 2,5-3,0 мкФ	
49,13	0,235	22,92	0,568	15,52	1,03	24,02	1,52	7,2	2,02	28,8	2,52
24,02	0,387	28,8	0,6	18,18	1,035	8,93	1,54	14,6	2,12	9,42	2,57
28,8	0,465	22,06	0,641	15,43	1,04	15,7	1,57	16,7	2,25	13,6	2,62
20,74	0,47	36,3	0,658	52,2	1,06	5,61	1,58	12,06	2,32	7,35	2,68
17,28	0,498	21,03	0,73	9,82	1,095	37,04	1,6	14,7	2,36	6,35	2,75
		39,3	0,79	28,7	1,13	7,41	1,66	8,15	2,4	18,7	2,8
		38,7	0,8	8,91	1,194	8,78	1,72	15,4	2,44	3,94	2,87
		20,42	0,82	41,27	1,29	24,28	1,78			7,78	2,87
		17,52	0,825	35,1	1,32	8,64	1,85			4,6	2,94
		12,8	0,89	7,45	1,41	14,8	1,88			7,41	2,96
		39,3	0,9			8,65	1,92				
						13,08	1,96				

Полученные данные были обработаны методами математической статистики [5,6] с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и приведены в табл. 4.

Таблица 4

Статистические значения параметров изоляции сетей железорудных шахт

Интервалы разбиения, мкФ	Активное сопротивление, кОм			Емкость, мкФ			Количество измерений n
	$A \approx \bar{x}$	$\bar{\sigma}(x)$	$\pm \varepsilon$	\bar{X}	$\bar{\sigma}(x)$	$\pm \varepsilon$	
0-0,5	27,994	12,555	8,005	0,411	0,106	0,093	5
0,5-1,0	27,195	9,696	5,73	0,747	0,115	0,068	11
1,0-1,5	23,258	15,33	9,501	1,16	0,136	0,084	10
1,5-2,0	14,745	9,335	5,28	1,715	0,158	0,089	12
2,0-2,5	12,687	3,702	2,743	2,272	0,154	0,114	7
2,5-3,0	10,795	7,703	4,774	2,758	0,155	0,096	10

где $A \approx \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ – наиболее вероятное значение (математическое ожидание) результата

технического измерения параметров изоляции сетей; $\bar{\sigma}(x) \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$ – среднеквадратичное

отклонение выборки; $\varepsilon = t_\gamma \cdot S_x$ – доверительная граница погрешности; t_γ – коэффициент

доверия, зависящий от объема выборки $\sum n$ и определяемый по справочным данным при

принятой двухсторонней вероятности $\gamma = 0,95$; $S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} \approx \bar{\sigma}(x) / \sqrt{n}$ – среднеквадратическое

отклонение результата.

Гистограмма наиболее вероятных значений активного сопротивления и емкости изоляции сетей железорудных шахт, построенная на основании полученных данных табл. 4, приведена на рис. 3.

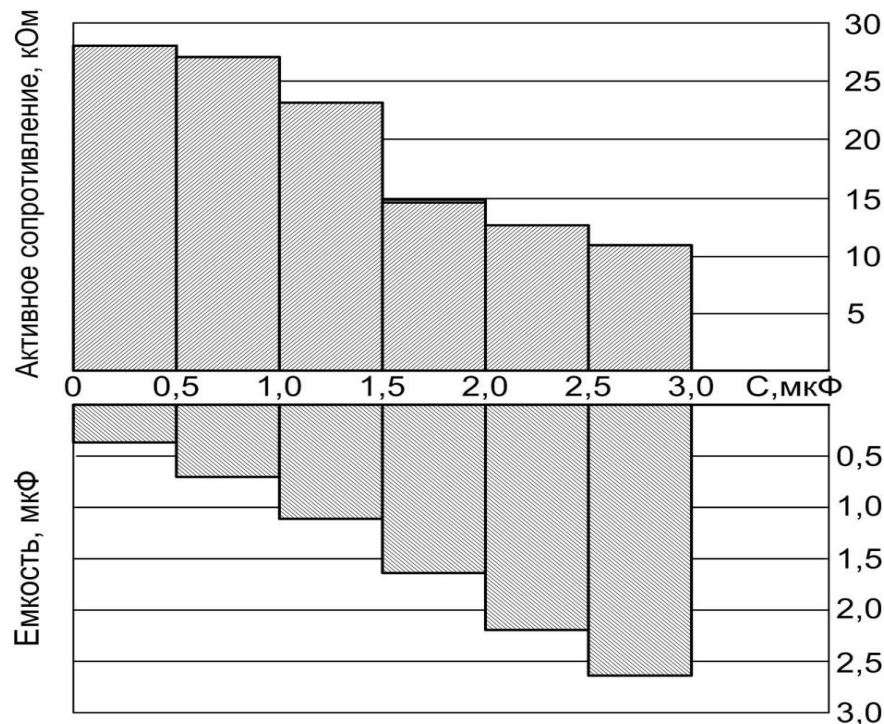


Рис. 3. Гистограмма вероятных значений активного сопротивления и емкости изоляции по интервалам рабочего диапазона емкости сети

Выводы и направления дальнейших исследований. Анализ полученной гистограммы, а также установленный коэффициент корреляции Пирсона $R_{R,C} = -0,566$ для всего рабочего диапазона емкости изоляции свидетельствует об обратной средней взаимосвязи между емкостью и активным сопротивлением изоляции сетей железорудных шахт.

Полученные и приведенные выше данные об электрических параметрах сетей необходимо принять в качестве исходных при разработке эксплуатационно – технических требований к УЗО, применяемых в железорудных шахтах.

Список литературы

1. **Розен В.П.** Оцінювання енергоефективності електроспоживання вугільних шахт [Текст] / **В.П. Розен, Л.В. Давиденко, В.І. Волинець** // Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах: Матеріали IV-ої міжнародної науково-технічної конференції – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2012. – С. 130 – 132.
2. **Пархоменко Р.А.** К вопросу оценки процесса электропотребления горнорудных предприятий в условиях неопределенности и неполноты информации [Текст] / **Р.А. Пархоменко, А.Н. Яловая, М.А. Баулина** // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації: Збірник матеріалів конференції Міжнародної 3 науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С.190-191.
3. **Messner S.** MESSAGE- MACRO: linking an energy supply model with a macroeconomic module and solving it iteratively / **S. Messner, L. Schattenholzer** // Energy. – 2000. – N 25. – P. 267 – 285.
4. **Праховник А.В.** Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / **А.В. Праховник, В.П. Розен, В.В. Дегтярев** // М.: Недра, 1985 - 232 с.
5. **Олейников В.К.** Анализ и планирование электропотребления на горных предприятиях / **В.К. Олейников** // М.: Недра, 1983. – 192 с.
6. **Айвазян С. А.** Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности / **С. А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин** // М.: Финансы и статистика, 1989.— 607 с.
7. **Parkchomenko R.** Dynamics appraisal of electrical energy consumption process of iron ore mines in conditions of indeterminacy and insufficiency of information [Electronic source] / **R.O. Parkchomenko** // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – № 2. – P. 332–335. Access mode: http://www.metaljournal.com.ua/assets/MMI_2014_6/MMI_2015_2/051-Parchomenko.pdf
8. **Синчук И.О.** Потенциал электроэнергоэффективности и пути его реализации на производствах с подземными способами добычи железорудного сырья. Монография / **И.О. Синчук, Э.С. Гузов, А.Н. Яловая, С.Н. Бойко** // под ред. докт. техн. наук, профессора **О.Н. Синчука**. – Кременчук: Изд. ЧП Щербатых А.В. – 2015. – 296 с.
9. **Синчук О.Н.** Оценка состояния и определения тактики повышения эффективности работы участковых подстанций железорудных шахт / **О.Н. Синчук, С.Н. Лесной, Р.А. Пархоменко, А.Н. Яловая** // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. – Кіровоград, 2012. – Випуск 25, частина II. – С.248 – 254.
10. **Розен В.П.** Моделирование энергетических режимов энергоемких потребителей железорудных шахт / **В.П. Розен, Э.С. Гузов, Р.О. Пархоменко** // Науково-технічний збірник «Гірничий вісник». Випуск №97, – Кривий Ріг: 2014. – С.176 – 180.
11. **Пархоменко Р.О.** Підвищення ефективності електропостачання у шахтних мережах як один із шляхів підвищення конкурентоспроможності продукції / **Р.О. Пархоменко, О.В. Аніськов** // Збірник тез доповідей II міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ – REMS'15»/ Київ: Національний технічний університет України «КПІ», 2015.-

Рукопись поступила в редакцию 26.04.16

УДК 621.316.925:622.82

Е.С. ГУЗОВ, канд.техн. наук, проф, І.О. СІНЧУК, канд.техн.наук, доц.,
Д.О. КАЛЬМУС, асистент, М.І. ЛАГОДА, магістрант
Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ГАЛЬМУВАННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ РУДНИКОВИХ ЕЛЕКТРОВІЗІВ

У статті розглянуто способи гальмування рудникових електровозів з електроприводом постійного струму. Відзначено актуальність та необхідність пошуку рішень щодо підвищення ефективності електричного гальмування рудникових електровозів. Встановлено, що область застосування останнього обмежена умовою самозбудження тягових двигунів, що в свою чергу ускладнює процес гальмування необхідністю застосовувати додаткові елементи з метою ініціації струму збудження. Виходячи з умови самозбудження двигунів було проведено аналіз найбільш поширених схемних рішень тягових електроприводів, виділено основні елементи, що входять до таких схем, та складено узага-