

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика»

Котов Евгений Сергеевич

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Диссертационная работа посвящена разработке принципов и систем удаленного мониторинга режимов работы электрооборудования горного производства с целью повышения его энергоэффективности.

Актуальность работы. Особенности технологических процессов горного производства для открытой и подземной добычи полезных ископаемых заключаются в распределенном на местности технологическом оборудовании большой единичной мощности, его удаленности от источников электроснабжения. Существенное влияние на стабильность технологических процессов горного производства оказывают жесткие условия эксплуатации оборудования, включая сезонные колебания температуры в широком диапазоне, наличие различных осадков в течение года, вибрацию, запыленность и т.п. В связи с этим в настоящее время активно ведутся исследования и разработки различных систем удаленного мониторинга параметров электропотребления и режимов работы электрооборудования для открытой и подземной добычи полезных ископаемых, в том числе пускорегулирующей аппаратуры, генераторов, электродвигателей, их защит и систем управления.

Исследованиям и разработке систем удаленного мониторинга посвящены труды многих ученых: Брейдо И.В., Авдеева Л.А., Костюкова В.Н., Бойченко С.Н., Костюкова А.В., Жуковского Ю.Л., Козярук А.Е., Коржева А.А., Кривенко А.В., Будко П.А., Литвинова А.И., а также специалистов зарубежных предприятий, таких как JANITZA GbmH и Rittal (Германия).

Анализ литературных источников показывает, что для горной промышленности существует необходимость в создании систем удаленного мониторинга режимов работы горного электрооборудования в связи с определенными потребностями, такими как:

- необходимость постоянного удаленного контроля работы распределенного на местности горного оборудования, в том числе, экскаваторов, буровых станков, забойного оборудования и др.

- необходимость уменьшения электропотребления за счет постоянного мониторинга режимов работы экскаваторов и исключение режимов холостого хода. На основании опытной эксплуатации выявлено, что среднее значение электропотребления в режиме холостого хода составляет не менее 10-15% от общего электропотребления;

– необходимость уменьшения времени простоев за счет оперативного выявления отказов электрооборудования, распределенного на местности.

Объектом исследования в работе является электрооборудование горного производства, подлежащее удаленному мониторингу.

Целью работы является повышение оперативности управления, снижение потерь и простоев при отказах электрооборудования, а также повышение энергоэффективности удаленного электрооборудования горного производства.

Идея работы заключается в использовании систем мониторинга для повышения оперативности управления, снижения потерь и простоев при отказах электрооборудования, а также в повышении энергоэффективности удаленного электрооборудования горного производства.

Научная новизна заключается в:

– разработке помехозащищенных алгоритмов сбора и передачи информации с учетом коммутационных помех;

– разработке технических решений, обеспечивающих автоматический выбор возможных каналов передачи информации в системах удаленного мониторинга в реальных изменяющихся условиях эксплуатации горного оборудования;

– разработке методов прогнозирования и планирования удельного электропотребления экскаваторов на основе анализа накопленной информации в системе удаленного мониторинга.

Задачи исследования:

– анализ исследований и технических решений по мониторингу режимов работы электрооборудования горного производства;

– анализ режимов работы удаленного электрооборудования горного производства способом открытой добычи в условия помех;

– разработка имитационных моделей, описывающих влияние режимов работы многодвигательного горного электрооборудования (экскаваторы) на помехоустойчивость, достоверность и надежность функционирования систем мониторинга;

– разработка помехозащищенных алгоритмов сбора и передачи информации с учетом коммутационных помех;

– разработка технических решения, обеспечивающих автоматический выбор возможных каналов передачи информации в системах удаленного мониторинга в реальных изменяющихся условиях эксплуатации горного оборудования;

– испытания и опытная эксплуатация систем удаленного мониторинга высоковольтных подстанций и электрооборудования экскаваторов.

Основные научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту:

– принципы и методы обеспечения помехоустойчивой передачи технологической информации в системах удаленного мониторинга состояния

распределенного на местности горного оборудования с учетом режимов работы его электрооборудования;

- методы прогнозирования и планирования удельного электропотребления экскаваторов на основе анализа накопленной информации в системе удаленного мониторинга;

- комплекс технических решений по созданию систем удаленного мониторинга передвижных машин и стационарного оборудования с автоматическим выбором возможных каналов передачи телеметрической информации в зависимости от изменяющихся условий горного производства.

Методы исследования: научные и практические результаты диссертационной работы получены с использованием методов теории передачи информации, электротехники, а также теории вероятностей. Математические модели прогнозирования электропотребления и электрических параметров созданы на базе известных законов распределения и методов регрессионного анализа с помощью пакета прикладных программ «STATISTICA». Имитационные исследования, а также результаты моделирования выполнены в пакетах прикладных программ MATLAB/SIMULINK и SimPowerSystems.

Практическая значимость полученных результатов заключается в:

- разработке комплекса технических решений по системам мониторинга режимов работы горного электрооборудования;

- проведении испытаний и опытной эксплуатации систем удаленного мониторинга высоковольтных подстанций и электрооборудования экскаваторов;

- внедрении системы удаленного мониторинга режимов работы горного электрооборудования в промышленности.

Обоснование и достоверность результатов и выводов. Обоснованные и достоверные результаты и выводы диссертации основаны на использовании апробированных методов теоретических основ электротехники, имитационного моделирования, применением пакетов прикладных программ MATLAB/SIMULINK. Научные положения, результаты исследования и выводы подтверждены путем оценки адекватности материалов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований системы удаленного мониторинга горных предприятий.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, 7 приложений. Содержит 114 страниц машинописного текста, 55 рисунков, 25 таблиц, список использованных источников, включающий 135 наименований.

Содержание работы. Во введении обоснована актуальность разработки принципов удаленного мониторинга режимов работы электрооборудования горного производства. Сформулированы цель и задачи диссертации, определены научная новизна, научные положения и результаты

исследований, выносимые на защиту, практическая значимость результатов исследований.

В первой главе изложено состояние вопроса и проведен обзор литературных источников, посвящённых методам и системам технологического контроля режимов работы электрооборудования горного производства. Приведены технические решения по мониторингу режимов электрооборудования горного производства при добыче открытым и подземным способом.

Во второй главе проведен анализ и исследование амплитудных помех, возникающих при плановых и аварийных отключениях электрооборудования горного производства. Определен закон распределения коммутаций для построения помехозащищенных алгоритмов передачи информации.

В третьей главе разработаны помехозащищенные алгоритмы сбора и передачи информации в системах удаленного мониторинга режимов работы электрооборудования горного производства. Разработана структурная схема системы удаленного мониторинга режимов работы электрооборудования горного производства.

В четвертой главе разработана система удаленного мониторинга режимов работы электрооборудования экскаваторов различных типов и подстанций, внедренная на промышленном предприятии Республики Казахстан.

В пятой главе по результатам эксплуатации системы мониторинга проведен анализ эффективности использования электроэнергии на технологических объектах АО «Шубарколь комир», а также разработаны модели прогнозирования электропотребления.

Основные результаты выполненных исследований заключаются в следующем:

- проведен анализ исследований и технических решений по мониторингу режимов работы электрооборудования горного производства;
- проведен анализ режимов работы удаленного электрооборудования горного производства способом открытой добычи в условия помех;
- разработаны имитационные модели, описывающие влияние режимов работы многодвигательного горного электрооборудования (экскаваторы) на помехоустойчивость, достоверность и надежность функционирования систем мониторинга. На основании полученных моделей проведены экспериментальные исследования, позволяющие определить влияние коммутационных воздействий, возникающих при работе различной нагрузки;
- разработаны помехозащищенные алгоритмы сбора, хранения и передачи информации с учетом коммутационных помех;
- разработан способ мониторинга устройств измерения, анализа и управления оборудованием электрических подстанций и электрооборудования горного производства в условиях открытой добычи полезных ископаемых;

– разработана структурная схема системы мониторинга режимов работы электрооборудования горного производства, за счет использования которой, осуществляется своевременный и достоверный контроль режимов работы электрооборудования, с целью недопущения перехода его в аварийные режимы, а также прогнозирования возможности экономического планирования затрат на ремонт текущего или приобретения нового электрооборудования;

– разработано техническое решение, обеспечивающее автоматический выбор возможных каналов передачи информации в системах удаленного мониторинга в реальных изменяющихся условиях эксплуатации горного оборудования;

– проведены испытания и опытная эксплуатация системы удаленного мониторинга высоковольтных подстанций и электрооборудования экскаваторов на разрезе АО «Шубарколь комир». По результатам эксплуатации системы построены модели прогнозирования электропотребления;

– представлен опыт применения системы мониторинга в условиях подземной добычи полезных ископаемых;

– основные научные положения диссертации защищены патентом Республики Казахстан и свидетельствами об интеллектуальной собственности.

Область применения. Электрооборудование горного производства, распределенное на местности.

Личный вклад соискателя заключается: в разработке имитационной модели работы подстанции в условиях горного производства; в разработке помехозащищенных алгоритмов сбора и передачи информации в условиях помех; в разработке способа мониторинга устройств измерения, анализа и управления оборудованием электрических подстанций и электрооборудования горного производства в условиях открытой добычи полезных ископаемых; в разработке системы удаленного мониторинга режимов работы экскаваторов и подстанций; разработке модели прогнозирования электропотребления на основе данных, полученных при работе системы удаленного мониторинга режимов работы электрооборудования горного производства; а также в подготовке публикаций по теме исследования и в получении охранных документов.

Апробация результатов диссертации и публикации. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили одобрение:

- на научно – технических семинарах КарГУ;
- на 4 международных конференциях, в том числе 1 зарубежной:

1. Breido I., Sichkarenko A., Kotov Y. Communication channels in systems for remote monitoring of mining electrical equipment operating modes // Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium. Vienna, Austria: Published by DAAAM International, 2019. P 298-304;

2. Котов Е.С., Баскаков П.В. Разработка информационного комплекса системы поставарийного контроля добычных участков угольных шахт // Тр. междунар. науч. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11)». – Караганда: КарГТУ, 2019. – Ч. 5. – С. 83-84;

3. Котов Е.С., Гарбар С.А. Повышение эффективности горного производства, как следствие использования систем удаленного мониторинга режимов работы горного оборудования // Тр. междунар. науч. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11)». – Караганда: КарГТУ, 2019. – Ч. 5. – С. 81-82;

4. Котов Е.С. Вяткин В. Исследование коммутационных процессов, возникающих в электрооборудовании при переходе в аварийный режим работы // Тр. междунар. науч. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №12)». – Караганда: КарГТУ, 2020. – Ч. 1. – С. 859-860.

Имеются публикации по основным научным результатам диссертации:

– 2 статьи, входящие в информационные базы компаний Web of Science и Scopus, имеющие процентиль 38 (2019):

1. Breido I.V., Sichkarenko A.V., Kotov, E.S. Emergency control of technological environment and electric machinery activity in coal mines // Journal of Mining Science. – Novosibirsk: Pleiades Publishing, Ltd., 2013. – Т. 49. – № 2. – P. 338-342;

2. Breido I.V., Sichkarenko A.V., Kotov E.S. Remote monitoring systems for high-voltage substations and mining machines at open pit coal mines // Journal of Mining Science. – Novosibirsk: Pleiades Publishing, Ltd., 2016. – Т. 52. – № 5. – P. 919-926.

– 4 статьи в журналах, определенных списком Комитета по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан:

1. Брейдо И.В. Иванов В.А, Котов Е.С. Применение gsm-сетей для передачи технологической информации // Журнал Труды Университета. – Караганда: КарГТУ, 2018. – Вып. № 3 (72). – С. 124-127;

2. Гарбар С.А, Котов Е.С. Исследование систем удаленного мониторинга режимов работы горного оборудования с использованием различных каналов связи // Вестник КазННТУ, – Алматы: КазННТУ имени К.И. Сатпаева, 2020. – Вып. № 2 (138). – С. 124-130;

3. Брейдо И.В., Вяткин В., Котов Е.С. Система пред – и послеаварийного контроля режимов работы взрывозащищенного электрооборудования // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – Алматы: НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», 2020. – Вып. № 2 (49). – С. 114-121;

4. Котов Е.С. Вяткин В. Имитационное моделирование переходных процессов на примере высоковольтной подстанции угольного разреза //

Вестник КазННТУ, – Алматы: КазННТУ имени К.И. Сатпаева, 2020. – Вып. № 4 (140). – С. 122-1271

1. патент Республики Казахстан: Пат. 5132 Республика Казахстан, МПК G06F 17/40 (2006.01), G05B 13/00 (2006.01), G06F 13/42 (2006.01). Пайдалы қазбаларды ашық өндіру жағдайында тау-кен өндірісінің электр қосалқы станциялардың және электр жабдықтардың өлшеу, талдау және басқару құрылғыларының мониторингін жасау тәсілі Способ мониторинга устройств измерения, анализа и управления оборудованием электрических подстанций и электрооборудования горного производства в условиях открытой добычи полезных ископаемых / Котов Е.С., Брейдо И.В., Сичкаренко А.В. – № 2020/0423.2; заявл. 02.05.2020; опубл. 10.07.2020, Бюл. № 27.

– 2 свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права:

1. Котов Е.С., Сичкаренко А.В., Брейдо И.В. Руководство оператора по системе технического учёта электроэнергии и технологических параметров подстанций «ЮЖНАЯ» и «ЮГО-ЗАПАДНАЯ» АО "Шубарколь комир" (произведение литературы) // Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права. Запись в реестре № 8594 от 05.03.2020. – Министерство юстиции РК.

2. Котов Е.С. Программа для защиты от несанкционированного сброса показаний электроэнергии: Memory ME96SSR-MB (программа для ЭВМ) // Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права. Запись в реестре № 9489 от 20.04.2020. – Министерство юстиции РК.

Результаты работы внедрены в учебный процесс Карагандинского технического университета, а также внедрены и эксплуатируются на угольном разрезе АО «Шубарколь комир».