

ISSN 2311-8342



Всемирная ассоциация выставочной индустрии
Российский союз выставок и ярмарок
Торгово-промышленная Палата РФ



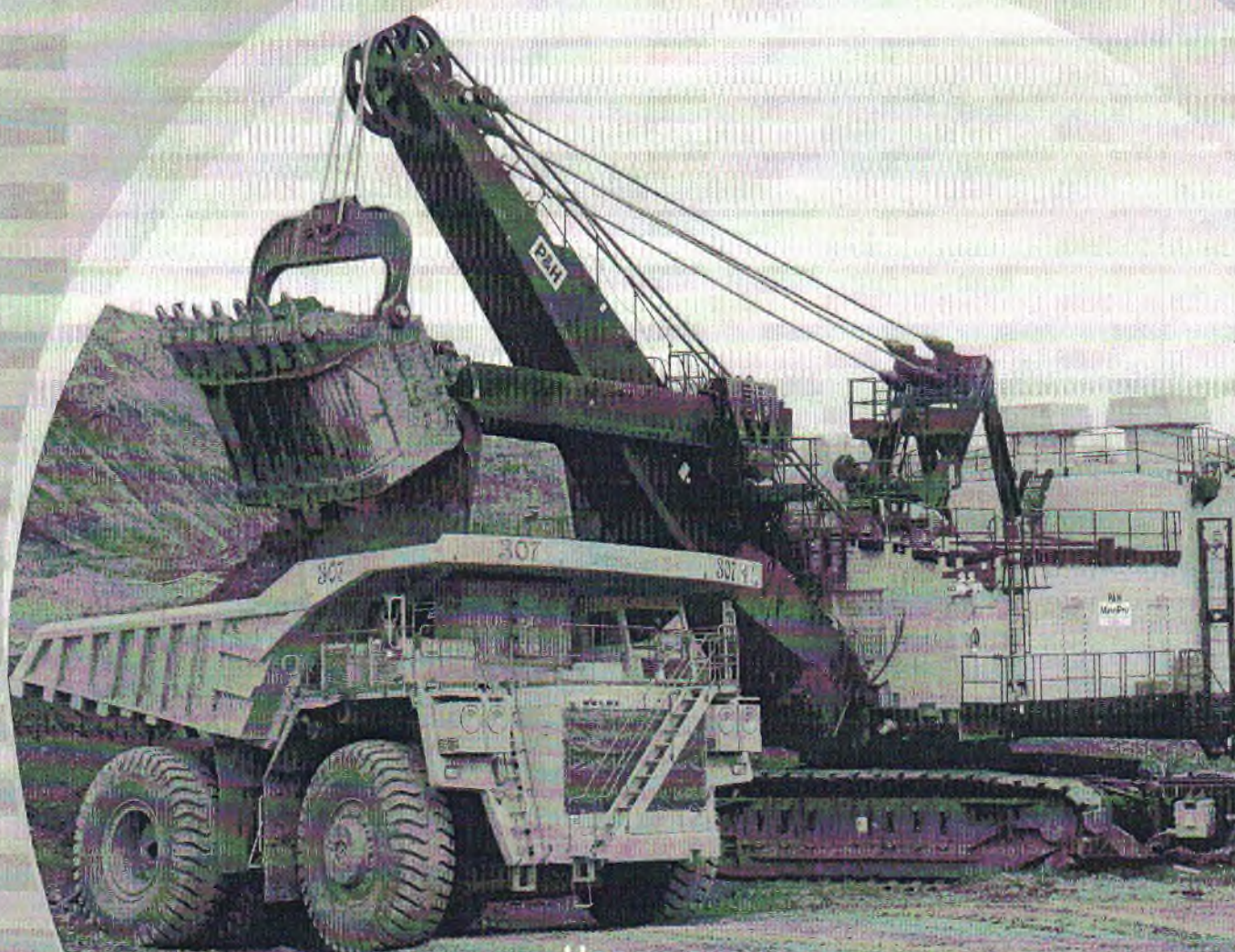
УГОЛЬ и МАЙНИНГ
РОССИИ

2 0 1 7



СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов



Новокузнецк
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ВК «Кузбасская ярмарка»



Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№3 - 2017

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Мышляев Л.П.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н. Палеев Д.Ю.,
д.т.н., проф. Домрачев А.Н., д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч.
журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк,
2017. - № 3. – 484 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 6-9 июня 2017 г.).

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-05-20150

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

3 – ОАО «Сибгипрошахт», г. Новосибирск, Россия	
МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПОДОБИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	278
¹ д.т.н. Евтушенко В.Ф., ² д.т.н. Бурков В.Н. ³ д.т.н. Мышляев Л.П., ³ Макаров Г.В.	
1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
2 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия	
3 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ РЕЦИКЛОВ	281
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Циряпкина А.В., ³ д.т.н. Бурков В.Н., ⁴ к.э.н. Ивушкин К.А.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
3 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия	
4 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия	
ОЦЕНИВАНИЕ ПОДОБИЯ ТИПОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК.....	285
¹ Макаров Г.В., ² к.э.н. Ивушкин К.А., ¹ д.т.н. Евтушенко В.Ф., ¹ д.т.н. Мышляев Л.П.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия	
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ.....	288
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Леонтьев И.А., ¹ к.т.н. Грачев В.В., ³ Васькин В.В., ¹ Раскин М.В., ³ Старченко Е.В.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово, Россия	
3 – ОФ «Матюшинская», г. Прокопьевск, Россия	
ПРОЦЕДУРА ИДЕНТИФИКАЦИИ НАТУРНЫХ СТРУКТУР ПУТЕМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ФРАКТАЛОВ	291
д.т.н. Мышляев Л.П., Циряпкина И.В., Саламатин А.С.	
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА ОГНЕСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	295
¹ д.т.н. Каледин В.О., ² к.т.н. Каледин Вл.О.	
1 – Новокузнецкий институт-филиал ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк, Россия	
2 – АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», г. Хотьково, Россия	
МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ В АСИНХРОННОМ РЕЖИМЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ РУДНИЧНЫХ МАШИН	298
д.т.н. Островляничик В.Ю., Поползин И.Ю., к.т.н. Кубарев В.А., Маршев Д.А.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫМ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГОРНЫХ МАШИН В ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ.....	305
к.т.н. Иванов А.С., к.т.н. Пугачева Э.Е., Каланчин И.Ю.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОБИЛЬНОЙ ВАЛКОВОЙ МАШИНОЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	308
д.т.н. Никитин А.Г., к.т.н. Тагильцев-Галета К.В., Чайников К.А.	
Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк, Россия	
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОДНОВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ	311
д.т.н. Никитин А.Г., к.ф.-м.н. Лактионов С.А., Медведева К.С.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫМ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫМ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГОРНЫХ МАШИН В ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ****к.т.н. Иванов А.С., к.т.н. Пугачева Э.Е., Каланчин И.Ю.****Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия**

Аннотация. Реактивный вентильно-индукторный электропривод, работающий в режиме двигателя, активно начинает внедряться в различные области и производственные процессы. Также, этот тип привода может работать в генераторном режиме, однако, до сих пор не было предложено однозначного метода управления.

Ключевые слова: реактивный вентильно-индукторный генератор, система управления, датчик положения ротора, профиль индукции.

Одной из первых электрических машин во времена XIX века был реактивный двигатель, в основе которого лежало применение электромагнитов. Дальнейшей разработке данного электродвигателя препятствовала необходимость в сложной системе управления и высокой стоимости силовых электронных устройств. К разработкам реактивных вентильно-индукторных электрических машин вернулись лишь в 1960 году благодаря стремительно развивающимся разработкам силовых электронных устройств, а также доступностью компьютеров с высокой вычислительной мощностью.

Ротор и статор реактивной вентильно-индукторной электрической машины выполнены из шихтованного электротехнического железа, и только полюсы статора имеют обмотки, которые укладываются вокруг зубца, в то время как ротор свободен от обмоток, магнитов и щеточно-коллекторного аппарата [1]. Обмотки одной фазы статора соединены последовательно и расположены диаметрально напротив друг друга. Существуют различные конфигурации вентильно-реактивных машин, они зависят от числа зубцов статора и ротора, они могут быть 6/4, где 6 число полюсов статора и 4 ротора, также конфигурация может быть 8/6 и 10/8. Внешний вид реактивной вентильно-индукторной машины 8/6 представлен на рис. 1.

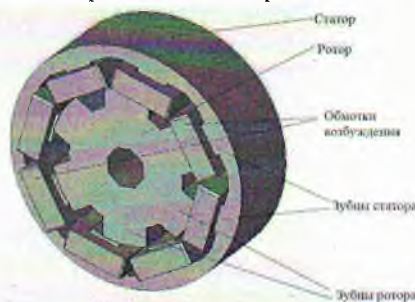


Рис. 2. Внешний вид реактивной вентильно-индукторной машины 8/6

К основным преимуществам вентильно-индукторной машины можно отнести простоту конструкции, так как ротор состоит только из шихтованной стали и обмотки фаз расположены только на зубьях статора, отсутствие дорогостоящих редкоземельных металлов в составе конструкции, возможность работы при высоких скоростях и температурах, а также высокую надежность [2].

Однако помимо преимуществ реактивные вентильно-индукторные машины имеют ряд серьезных недостатков. Необходима трехфазная или четырехфазная система питания в зависимости от конфигурации электрической машины, обеспечивающая поочередное возбуждение обмоток статора для создания вращающегося электромагнитного поля. К недостаткам также относятся нелинейные характеристики этих машин, высокие пульсации электромагнитного момента и электромагнитного потока.

Принцип действия реактивной вентильно-индукторной машины основан на том, что ферромагнитные тела во внешнем магнитном поле ориентируются так, чтобы пронизывающий их магнитный поток был максимален. То есть при возбуждении фазы статора ближайшие зубцы ротора стремятся принять выровненное положение относительно зубцов статора.

При движении зубцов ротора относительно возбуждаемых фаз статора профиль индукции периодически меняется от максимума к минимуму. При согласованном положении, когда зуб статора совпадает с зубом ротора электромагнитная индукция принимает максимальное значение, а при рассогласовании зубцов индукция стремится к минимуму. Зависимость величины профиля индукции от положения ротора относительно статора показана на рис. 2.

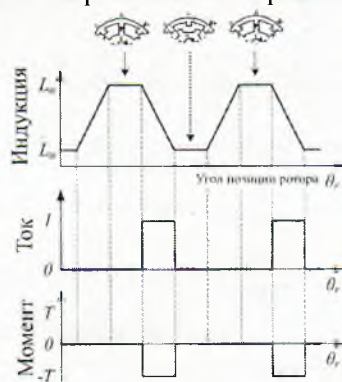


Рис. 3. Зависимость величины профиля индукции от положения ротора относительно статора

При возбуждении обмоток статора в момент рассогласования зубьев ротора и статора создается отрицательный электромагнитный момент, который влечет за собой выработку электрической энергии в сеть. Однако отрицательный электромагнитный момент также способен вызвать останов электрической машины, поэтому необходим внешний источник, способный поддерживать необходимую скорость вращения. Функциональная схема управления возбуждением вентильно-индукторного генератора представлена на рис. 3.



Рис. 4. Система управления возбуждением вентильно-реактивного генератора

Работа вентильно-реактивной машины в режиме генератора зависит от его стратегии управления, которая заключается в правильном переключении силовых электронных устройств. Необходимо тщательное определение углов возбуждения для обеспечения непрерывной работы генератора, а также для максимизации его эффективности. Следует заметить, что при увеличении тока возбуждения, выходная мощность будет возрастать сопоставимо увеличению скорости. Следовательно, величина выходной мощности будет зависеть как от угловой скорости, так и от напряжения возбуждения.

Однако из-за нелинейных характеристик реактивных вентильно-индукторных машин сложно определить оптимальную систему управления. Основной наиболее эффективный способ заключается в определении оптимальных углов положения зубцов ротора относительно зубцов статора для осуществления возбуждения обмоток, позволяющих снизить пульсации электромагнитного момента и повысить энергоэффективность вентильно-реактивного генератора. В настоящее время существуют различные комбинации углов возбуждения, способные выдавать максимальные значения выходной мощности. Стратегия управления, основанная на определении углов возбуждения, может быть разделена на три группы:

- фиксированные углы включения и выключения;
- фиксированные углы включения и варьирующиеся углы отключения (и наоборот);
- варьирующиеся углы как включения, так отключения.

Входными величинами контроллера являются ток, напряжение, а также угол положения ротора. Выходные сигналы с программируемого логического контроллера подаются в заранее определенные углы положения ротора. на преобразователь напряжения для включения и отключения цепи возбуждения

Наиболее распространенной схемой полупроводникового преобразователя для реактивного вентильно-индукторного генератора является асимметричный полумостовой преобразователь (Asymmetric Half Bridge Converter). Он состоит из двух переключающихся ключей T1, T2 и двух силовых диодов D1, D2 на одну фазу. На рис. 4 показана типичная схема самовозбуждения асимметричного полумостового преобразователя для вентильно-реактивного генератора в режиме возбуждения и генерации. Существует несколько других схем, использующих меньшее количество компонентов по сравнению с асимметричным полумостовым преобразователем, например, силовой преобразователь C-dump, R-образный конвертер, преобразователь бифилярного типа, раздельный преобразователь постоянного тока.

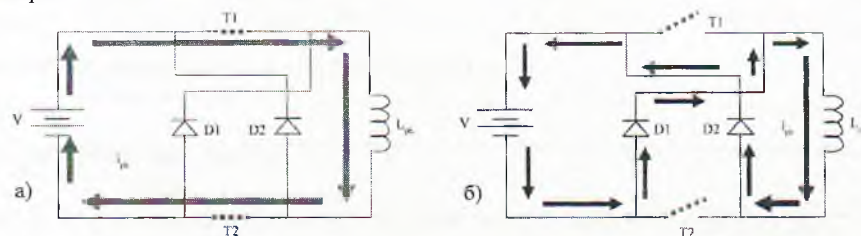


Рис. 5 - Асимметричный полумостовой преобразователь: а) режим возбуждения; б) режим генерации

Асимметричный полумостовой преобразователь имеет возможность формировать фазный ток, используя три последовательных переключения: положительное напряжение, нулевое напряжение и отрицательное напряжение. Такая форма переключения подходит для низких и средних скоростей вращения ротора генератора, где требуется мягкое переключение в режиме текущего прерывания. Также этот преобразователь может работать на более высокой скорости в режиме одиночного импульса, когда ключи закрыты для возбуждения и открыты для генерации, такой режим называется жестким переключением. Когда ключи закрыты (рис. 5 а), ток нарастает и энергия сохраняется в виде магнитного поля. Когда ключи открываются (рис. 5 б), направление тока в обмотке остается таким же, только ток начинает проходить через диоды создавая отрицательное напряжение [3].

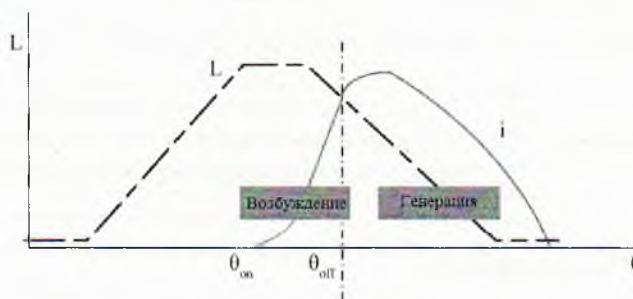


Рис. 6. Кривая возбуждения и генерации вентильно-реактивного генератора

Эффективность использования реактивных вентильно-индукторных электрических машин значительно повышается, если существует необходимость регулирования частоты вращения в тяжелых условиях работы. Такой тип электрических машин, работающий в генераторном режиме при рекуперативном торможении может применяться в горнодобывающей промышленности. Например, фирма Jeffery Diamond выпускает электроприводы мощностью 35–200 кВт для горнодобывающей промышленности [4].

Простая и надежная конструкция позволяет использовать вентильно-реактивные электрические машины в электроприводах бремсберговых конвейеров, карьерных самосвалов, экскаваторов и т.д. Благодаря отсутствию обмоток на роторе электроприводы, построенные на реактивных вентильно-индукторных электрических машинах, защищены от перегрева, а конструкция ротора, имеющая форму шестерни, способствует дополнительному охлаждению статора.

Из механической характеристики, изображенной на рис. 6, видно, что реактивная вентильно-индукторная машина имеет максимальный момент при низких скоростях, соответственно, при увеличении скорости значение электромагнитного момента снижается. Поэтому электропривод, основанный на этом типе машин способен эффективно работать при заторможенном движении ротора [5].

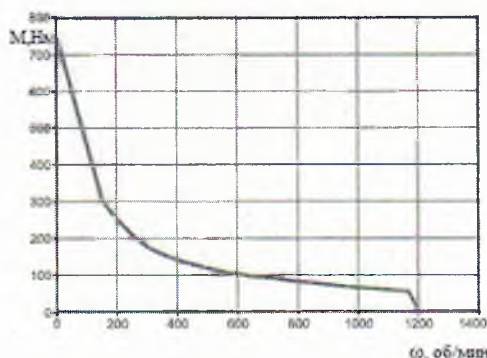


Рис. 7. Механическая характеристика реактивной вентильно-индукторной электрической машины

Вывод. В настоящее время активно ведутся исследования и разработки для применения реактивных вентильно-индукторных машин, работающих в режиме генератора, в сферу ветроэнергетики, а также автомобилестроения. Реактивные вентильно-индукторные электрические машины способны сократить себестоимость выработки электрической энергии посредством ветроэлектростанций, повысить энергоэффективность различных производственных процессов, а также снизить затраты на обслуживание за счет своей простой и надежной конструкции. Существующие недостатки этих электрических машин препятствуют их широкому распространению и требуют оперативного устранения.

Библиографический список

1. ГОСТ 27471-87 Машины электрические вращающиеся. Термины и определения.
2. Саввинов П. В. Обзор вентильно-реактивных двигателей / Саввинов П. В., Семёнов А.С. // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-2. – С. 342-343.
3. Arifin A. Switched Reluctance Generator for Variable Speed Wind Energy Applications / Arifin A., Al-Bahadly I. // Smart Grid and Renewable Energy. – 2011. – №2. – P. 27-36
4. Семёнов А.С. Перспективы внедрения вентильных электроприводов в горной промышленности / Научная дискуссия: вопросы технических наук // материалы II межд. заочной науч.-практ. конф. (12 сентября 2012 г.) – Москва: Изд. «Международный центр науки и образования», 2012. – С. 52-56.
5. Степанов В.М. Анализ основных характеристик вентильно-реактивного электродвигателя, работающего в режиме генератора / Степанов В.М., Авдошин В.С. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. - Выпуск №8. – С. 181-183

УДК 621.926.3

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОБИЛЬНОЙ ВАЛКОВОЙ МАШИНОЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

д.т.н. Никитин А.Г., к.т.н. Тагильцев-Галета К.В., Чайников К.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Разработана система аварийного управления работой дробильного агрегата, которая позволяет, используя совместную оценку параметров механической и электрической частей, оперативно устранять аварийные ситуации из-за попадания в зону разрушения недробимых тел.

Ключевые слова: валковая дробилка, аварийная ситуация, автоматический контроль.

Научное издание

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 25.05.2017 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 28,8 Уч.-изд. л. 30,4 Тираж 1000 экз. Заказ 295

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательский центр СибГИУ