УДК 621.398

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩИХ И ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

А.Е.КОЗЯРУК, *д-р техн. наук*, *профессор*, *kozjaruk@mail.ru*
Санкт-Петербургский горный университет, *Россия*

Рассмотрены вопросы выбора типа и структуры управления электромеханических комплексов горно-добывающих и транспортных машин, обеспечивающих повышение энергоэффективности и эксплуатационных характеристик. Сделан вывод о наибольшей приемлемости частотно-регулируемых электроприводов с асинхронными двигателями и силовыми полупроводниковыми преобразователями. Рассмотрены методы и технические средства повышения энергоэффективности асинхронных электроприводов за счет выбора двигателей с повышенными энергетическими характеристиками, разработки специальных алгоритмов управления электроприводом и применения полупроводниковых преобразователей с активными выпрямителями, обеспечивающих повышение коэффициента мощности и улучшение качества электроэнергии питающей сети. Для повышения эксплуатационных характеристик предложено использование систем диагностики и оценки остаточного ресурса электрооборудования. Реализация разработок привязана к экскаваторно-транспортному комплексу.

***Ключевые слова*:** энергоэффективность, асинхронный привод, силовые электронные преобразователи, активные выпрямители, управление приводом.

Введение. Рост эффективности производства и, в частности, горного производства связан с развитием и совершенствованием электромеханических комплексов (электроприводов) – главного потребителя электроэнергии в промышленности. В настоящее время на него приходится около 60 % всей вырабатываемой в стране электроэнергии [5].

На долю электроприводов приходится основная часть общих потерь электроэнергии в системе электроснабжения промышленных предприятий, поэтому эффективное использование электроприводов имеет важное народнохозяйственное значение. Из всей электроэнергии, потребляемой электроприводом в настоящее время, приблизительно 80 % приходится на простейший массовый нерегулируемый электропривод и 20 % – на регулируемый.

С учетом успехов и достижений силовой электроники и совершенствования технологий проектирования, изготовления и эксплуатации электрических машин, в настоящее время наиболее эффективным решением для горно-добывающих и транспортных машин является создание частотно-регулируемого электропривода с бесконтактными асинхронными двигателями. Исследование и практическое использование регулируемых асинхронных электроприводов с использованием современных силовых полупроводниковых преобразователей показывают возможность обеспечения высокой эффективности и надежности электромеханических комплексов.

В данной статье рассмотрены возможности и способы повышения энергоэффективности асинхронных электроприводов и приведен пример реализации асинхронного электропривода в транспортно-экскаваторном комплексе.

Перечислим и рассмотрим основные принципы экономии энергии в электроприводе и средствами электропривода.

Разделим возможные ситуации на две большие группы: регулирование скорости не используется; нерегулируемый электропривод заменяется регулируемым. В первой группе основная возможность влиять на энергетические процессы – правильный выбор основного оборудования, в первую очередь электродвигателя и редуктора, если он используется, а также применение некоторых мероприятий, снижающих потери.

Выбор электрооборудования. Важным и еще очень мало использованным резервом энергосбережения служит правильный выбор основного электрооборудования в простейшем, самом массовом и энергоемком нерегулируемом электроприводе.

Европейские эксперты считают, что средний коэффициент использования двигателей (отношение средней мощности за цикл к номинальной) составляет 0,6. Как показывает опыт, в отечественных условиях этот коэффициент иногда существенно ниже.

Существенный эффект в подобных случаях может дать простая замена оборудования (двигателей), однако корректное решение подобной задачи предполагает достаточно высокую квалификацию персонала. Здесь весьма эффективны прикладные компьютерные программы, ориентированные на широкий круг специалистов, связанных с электроприводом, и поддерживающих принятие рациональных решений.

Был создан пакет программ, охватывающих массовый электропривод переменного тока и позволяющих решать задачи выбора и проверки асинхронных двигателей АИР (АИС),оценивать их характеристики при отклонении напряжения от нормы, определять срок службы подшипников в любых условиях работы и т.д.

Уменьшение потерь в двигателях. В мировой практике с середины 1970-х годов активно пропагандируется использование энергосберегающих двигателей (Energy Efficient Motors – EEM). Идея очень проста: в асинхронный двигатель закладывается на 25-30 % больше активных материалов (железа, меди, алюминия), за счет чего на 30 % снижаются потери и возрастает КПД на 5 % в небольших двигателях и на 1 % в двигателях мощностью 70-100 кВт. Цена двигателя обычно увеличивается на 20-30 %, срок окупаемости по данным европейских экспертов составляет около двух лет.

Существует множество восторженных публикаций, относящихся к EEM. Особенно широкий размах кампания по продвижению EEM на рынок приобрела в 1990-е годы в США. Десятки фирм-производителей EEM используют развитую прикладную компьютерную программу Motor Master+, облегчающую пользователям выбор нужных энергосберегающих двигателей для замены установленных. Широко рекламируется достигаемый эффект — экономия около 5 % электроэнергии, в этом процессе участвует Министерство энергетики США, организован ряд специальных программ и т.д.

Однако это направление содержит ряд спорных и неочевидных обстоятельств. Во-первых, речь идет о нерегулируемом электроприводе, т.е. при экономии в несколько процентов на потерях в двигателе, в самых массовых и энергоемких применениях (насосы, вентиляторы и т.д.), можно продолжать терять в десятки раз больше в агрегатах, обслуживаемых электроприводом. Во-вторых, расчетная экономия будет достигаться лишь при мало меняющейся и близкой к номинальной нагрузке. При резко переменной нагрузке, например при значительной доле холостого хода в цикле, экономия будет существенно меньше расчетной. В-третьих, экономия может быть заметной (рекламируемые 4-5 %), если все элементы силового канала правильно выбраны и настроены.

Уменьшение потерь в питающих сетях. Проблема потерь мощности возникает за счет низкого, особенно при малых нагрузках, коэффициента мощности (cos φ), в силу чего ток $I_{\text{лин}}$, протекающий в питающих линиях, трансформаторах, выше тока $I_{\text{а}}$, связанного с активной мощностью, следовательно, выше и потери в линиях $3I^2_{\text{лин}}R_{\text{п}}$.

Проблема компенсации реактивной мощности традиционно пользуется большим (иногда избыточно большим) вниманием в отечественной практике. Найдены и применяются различные технические решения (переключаемые конденсаторные батареи, синхронные компенсаторы, фильтрокомпенсирующие устройства и т.д.). Однако большинство этих приемов ориентированы на нерегулируемый, а иногда и сильно недогруженный электропривод с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором. Достигаемый эффект может оказаться несопоставимо меньше убытков от использования нерегулируемого электропривода.

К другим способам энергосбережения в нерегулируемом электроприводе можно отнести: снижение времени холостого хода; переключение обмоток по схемам Δ−Y на время холостого хода или малых нагрузок; изменение типа торможения в электроприводах с частыми пусками и торможениями.

Переход от нерегулируемого электропривода к регулируемому. Этот переход является генеральным направлением энергосбережения, принятым во всем мире и дающим наибольший эффект как в части экономии электроэнергии, так и в других показателях технологического процесса. Для этого в силовой канал включается дополнительный элемент − преобразователь электрической энергии, подающий к асинхронному двигателю напряжение с регулируемыми амплитудой и частотой. В результате обеспечивается подача конечному потребителю необходимой мощности $P_{вых}$ и исключаются большие потери в задвижке.

Следует подчеркнуть, что в рассматриваемом случае наряду с главным эффектом – существенным снижением потерь в технологической машине, обслуживаемой электроприводом, и в других элементах силового канала достигается ряд дополнительных, часто не менее важных эффектов: рационализируется весь технологический процесс, экономятся другие ресурсы, увеличивается срок службы основного оборудования, снижается шум и т.д. Здесь особенно существенен выбор рационального с технической и экономической точек зрения способа управления величиной (величинами), образующей потребляемую технологическими машинами мощность.

До середины 1980-х годов единственным доступным решением был электропривод постоянного тока. Его общеизвестные недостатки − дорогая машина и необходимость в обслуживании − ограничивали использование случаями, когда без регулируемого электропривода обойтись нельзя (станки, металлургические агрегаты, мощные экскаваторы и т.д.).

Сейчас ситуация радикально изменилась – на широком рынке появились совершенные и доступные электронные преобразователи частоты. Они выпускаются десятками зарубежных и отечественных фирм, имеют практически одинаковую структуру (выпрямитель – фильтр – автономный широтно-амплитудный модулятор (ШИМ-инвертор) и развитую систему микропроцессорного управления, обеспечивающую широкие функциональные возможности, надежную защиту привода и другие важные пользовательские функции. Именно эти устройства произвели переворот в современном электроприводе: резко (до 15 %) снизили долю электроприводов постоянного тока в общем парке регулируемых электроприводов, стали основным (и пока практически единственным) средством, реализующим высококачественный регулируемый асинхронный электропривод в массовых применениях.

Вместе с тем, предпринимались попытки использовать для регулирования скорости асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в продолжительном режиме (насосы и пр.) более простые тиристорные регуляторы напряжения. Эти устройства, широко и успешно применяемые для плавного пуска и останова электропривода («мягкие» пускатели), за редкими исключениями не могут сколько-нибудь эффективно использоваться для непрерывного продолжительного регулирования скорости. Они требуют, даже при самой благоприятной вентиляторной нагрузке, увеличения мощности двигателя в два-три раза, специального исполнения ротора (повышенное скольжение), интенсивного независимого охлаждения и при этом имеют низкую надежность и низкие энергетические показатели.

Становятся малоэффективными и многоскоростные асинхронные двигатели. Они тяжелы, дороги, требуют много контактной аппаратуры, стоимость привода соизмерима со стоимостью системы преобразователь частоты – серийный двигатель.

Выход на широкий рынок электронных преобразователей частоты ставит новую задачу – создание частотно-регулируемых электроприводов. Здесь, по-видимому, удастся существенно сэкономить активные материалы, снизить себестоимость и т.д.

Итак, система электронный преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором становится главным на ближайшие годы техническим решением массового регулируемого электропривода. Она особенно привлекательна на стадии модер-

низации, так как сохраняется все существующее оборудование, но между сетью и двигателем включается новый элемент – преобразователь частоты, радикально меняющий весь технический и экономический облик системы.

Энерго- и ресурсосбережение в электроприводах средствами электропривода может обеспечиваться различными методами. При проектировании новых электроприводов рассматриваются, как правило, несколько вариантов, из которых должен быть выбран тот, который отличается наилучшими технико-экономическими показателями.

Модернизация действующих электроприводов с целью энерго- и ресурсосбережения требует капитальных затрат, эффективность которых должна быть экономически оправдана. Таким образом, возникает необходимость экономической оценки энергосберегающих мероприятий и их результатов.

Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий (проектов) и их результатов, как и любых инвестиционных проектов, производится путем сопоставления стоимостных оценок получаемых результатов (выгод) Р и приведенных затрат З на их реализацию по формуле

$$ЭЭ = Р – З. \quad (1)$$

При ЭЭ > 0 энергосберегающее мероприятие экономически эффективно, в противном случае – неэффективно. Экономическая эффективность может быть также оценена по отношению Р/З. При Р/З > 1 энергосберегающее мероприятие экономически оправдано, и наоборот.

Для энерго- и ресурсосберегающих проектов результаты (выгоды) обуславливаются получаемой экономией энергии и материальных ресурсов при общем повышении технического уровня обслуживаемого технологического процесса. Эффект может быть выражен как в натуральных единицах (киловатт-час электроэнергии, гигакалория тепловой энергии, кубические метры воды и газа), так и в соответствующих стоимостных оценках.

Методы расчета экономической эффективности подразделяются на статические, не учитывающие фактор времени, и динамические, учитывающие фактор времени [5].

Особенностью большинства проектов энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в электроприводе являются небольшие сроки реализации, поэтому для определения их экономической эффективности в отечественной и зарубежной практике чаще всего применяются статические методы, связанные с расчетом срока окупаемости проекта. Рассчитанный срок окупаемости сопоставляется с приемлемым (нормативным) для хозяйствующего субъекта периодом времени, делается вывод о принятии или непринятии данного проекта для реализации.

В технической документации и информации приведены данные по некоторым сериям силового отечественного оборудования для электроприводов, определяющие основную часть капитальных затрат, сведения о тарифах на электрическую и тепловую энергию, воду и газ для потребителей в Российской Федерации, необходимые для расчета эксплуатационных затрат при функционировании электропривода и обслуживаемого им технологического оборудования.

Для ориентировочных оценок приведем некоторые усредненные удельные показатели стоимости отечественного электрооборудования для электроприводов [3].

Рассмотрим пример расчета срока окупаемости для экономической оценки энерго- и ресурсосбережения.

В качестве показателей экономической эффективности используются чистый дисконтированный доход (ЧДД), индекс доходности (ИД), срок окупаемости $T_{ок}$ и внутренняя норма доходности (ВНД).

Чистый дисконтированный доход, называемый также интегральным экономическим эффектом, определяет разницу между приведенными к одному и тому же моменту времени результатами и затратами. Если ЧДД энергосберегающего проекта положителен, то проект является экономически эффективным при данной норме дисконта E.

Индекс доходности является относительным показателем и представляет собой отношение суммы приведенных результатов к сумме приведенных затрат по энергосберегающему проекту. Если ИД > 1, то проект эффективен, и наоборот. ИД удобно применять в тех случаях, когда сравниваемые проекты имеют примерно одинаковый ЧДД.

Внутренняя норма доходности представляет собой ту норму дисконта $E_{вн}$, при которой ЧДД равен приведенным капитальным затратам $КЗ_t$.

Срок окупаемости – это период (измеряемый обычно в годах), начиная с которого затраты на энергосберегающий проект покрываются суммарными результатами его осуществления. Он определяется при заданном нормативном коэффициенте экономической эффективности капитальных затрат $E_{вн}$.

Модернизация электроприводов относится, как правило, к краткосрочным инвестиционным проектам, и ее эффективность обычно оценивается без учета фактора времени.

Наибольший энергосберегающий и ресурсосберегающий эффект от внедрения регулируемого по частоте вращения электропривода получают в механизмах самого широкого применения с «вентиляторной» нагрузочной характеристикой – насосы, вентиляторы, компрессоры и др.

Рассмотрим структуру, состав и вопросы управления энергоэффективным электроприводом горного производства.

Основными составляющими рентабельного функционирования добывающих предприятий является эффективная организация основных и обслуживающих производственных процессов, в частности, организация системы обслуживания существующих добычных машин и оборудования и формирование горно-транспортного комплекса, которые являются основой для бесперебойной работы добывающего предприятия. В данной области существуют значительные резервы для снижения издержек производства, которые можно использовать путем разработки и обоснования унифицированного подхода к проектированию и диагностике электромеханического оборудования для повышения эффективности функционирования горно-транспортного комплекса (ГТК) добывающих предприятий.

Для увеличения энергоэффективности функционирования ГТК необходимо изменить стратегический подход к использованию и обслуживанию основных добывающих мощностей. Для этого можно выделить следующие направления стратегического развития:

• связь экскаватора и самосвала в добычной комплекс и оптимизация времени, затрачиваемого на загрузку автосамосвала;

• переход на использование электропривода переменного тока на основных рабочих узлах экскаватора и самосвала;

• унификация структуры электропривода самосвала и экскаватора;

• единый подход к диагностике остаточного ресурса электромеханического оборудования ГТК;

• использование высокоэффективных алгоритмов формирования выходного напряжения преобразователя.

Вследствие роста объемов выемки горной массы растет потребность в увеличении типоразмеров экскаваторов и самосвалов. Исходя из мировой практики выбора вместимости ковша экскаватора E и грузоподъемности самосвала V, число циклов экскавации для оптимальной загрузки одного самосвала не должно превышать

$$N = V/E = 3\text{-}5. \quad (2)$$

Данный подход является наиболее оптимальным и экономичным при работе ГТК, поскольку позволяет сокращать время простоя экскаватора и самосвалов. Из этого следует, что выбор типа самосвала и экскаватора для определенного вида работ и их связь в комплекс является первоочередной задачей [4].

На предприятиях России (прежде всего, в ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П.Г. Коробкова», входящем в состав группы ОМЗ) разработана линейка большегрузных карьерных электро-

механических экскаваторов типа ЭКГ для работы в паре с самосвалами БелАЗ грузоподъемностью от 90 до 450 т, которая позволит обеспечить необходимое число циклов экскавации (3-5). Характерной особенностью этих машин является применение современного электропривода переменного тока на основе асинхронных двигателей мотор-колес. БелАЗ также переводит на приводы переменного тока и другие большегрузные самосвалы, ранее работавшие с приводами постоянного тока.

Экскаваторы ЭКГ-32 и ЭКГ-50, разработанные ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П.Г.Коробкова», оснащаются электроприводом переменного тока с цифровой системой управления на основе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Это значительно повышает надежность привода, увеличивает его КПД, улучшает динамические характеристики и снижает энергопотребление.

Способы формирования напряжения в системах управления приводом переменного тока самосвалов и экскаваторов. В системах управления приводами может быть реализован один из способов формирования напряжения питания: PWM (Pulse Width Modulation), SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation), DTC (Direct Torque Control) [6]. Способ формирования напряжения с помощью PWM требует постоянной частоты переключения ключей инвертора. Для нормальной работы двигателя выпрямленное напряжение на входе инвертора должно в два раза превышать амплитудное значение фазного напряжения двигателя (включенного в «звезду»). Этот способ широко применяется из-за простоты его реализации и благодаря плавности вращения вектора напряжения.

Способ формирования напряжения с помощью SVPWM обеспечивает более эффективное использование напряжения питания по сравнению с PWM. В частности, сейчас на экскаваторе ЭКГ 32Р реализован векторный способ формирования напряжения (SVPWM).

Унификация электромеханического оборудования. Унификация электроприводов самосвалов и экскаваторов позволит достичь значительного экономического эффекта при эксплуатации ГТК. Унификация – это рациональное сокращение видов, типов и размеров изделий одинакового функционального назначения. Унифицированным является изделие, созданное на базе нескольких ранее существовавших различных исполнений путем приведения к единому исполнению, заменяющему любое из них.

Рассматривать возможность унификации необходимо, прежде всего, в структуре и алгоритмах системы управления приводом. На рис.1, 2 приведены электрические схемы реализованных электроприводов переменного тока экскаваторов и самосвалов.

Как видно из рис.1, 2, разница структуры состоит только в способе получения питающего напряжения: экскаватор получает питание от высоковольтной линии 6 кВ, подхоящей к нему в виде гибкого кабеля; самосвал получает питание от синхронного генератора СГ, приводимого во вращение дизельным двигателем.

Привод содержит выпрямитель и двухуровневый автономный инвертор напряжения. Применение активного выпрямителя в схемах электропривода экскаватора обусловлено его возможностью обеспечивать значение коэффициента мощности, близкого к единице, меньший коэффициент нелинейных искажений (по сравнению с диодным многопульсным выпрямителем), а также возможность работы во всех четырех квадрантах механической характеристики с автоматической рекуперацией энергии в питающую сеть.

Схема управления активным выпрямителем построена по векторному принципу с ориентацией по вектору напряжения сети. Особенности режимов работы привода – ударные нагрузки, необходимость ограничения которых определяет требования по максимальному быстродействию в контуре момента.

Приводы выполнены с применением асинхронных двигателей, поставляемых ОАО «Силовые машины» – «Электросила».

Современные экскаваторы комплектуются информационно-диагностической системой (ИДС) [1, 2], которая ведет непрерывный автоматический контроль текущих значений основных технических и технологических параметров оборудования экскаватора, что позволяет

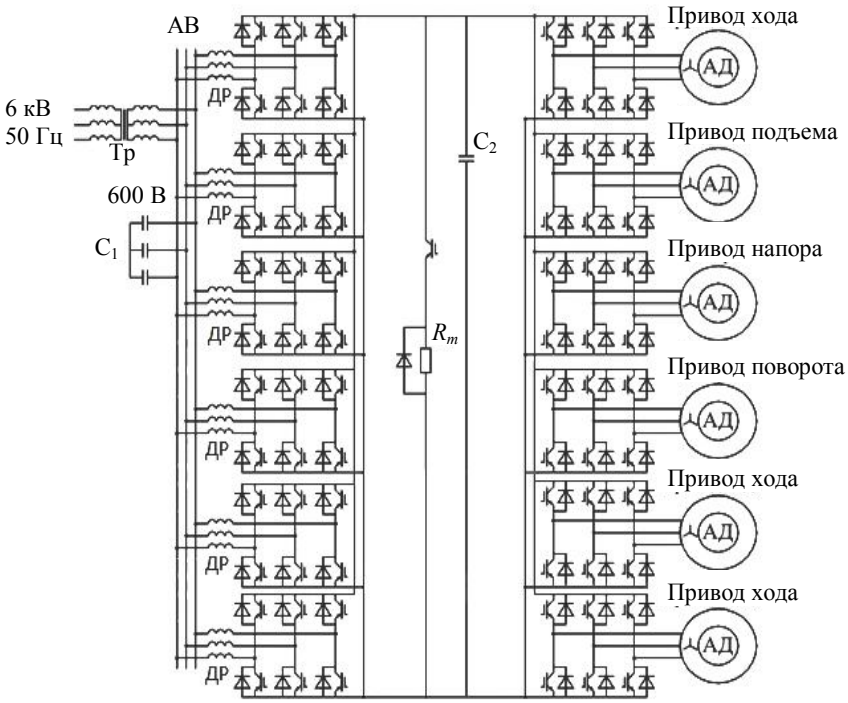


Рис.1. Схема приводов переменного тока экскаватора ЭКГ-32Р

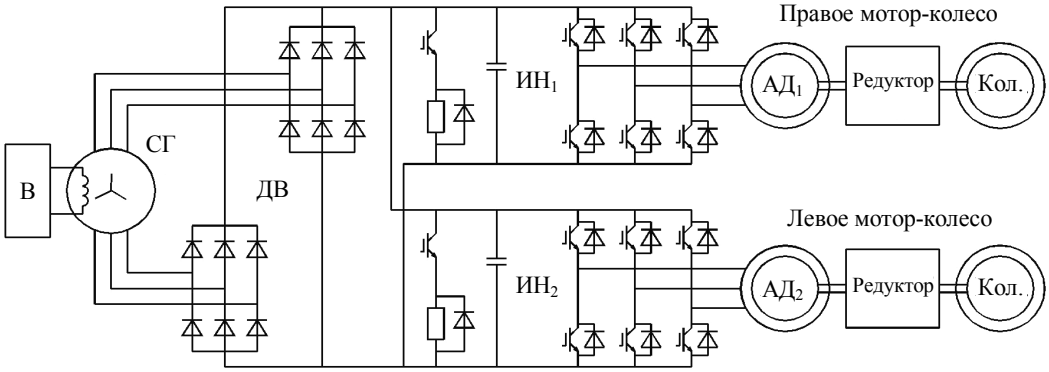


Рис.2. Схема привода переменного тока самосвала БелАз грузоподъемностью 130-220 т



Рис.3. Экскаватор ЭКГ-32Р и самосвал БелАз грузоподъемностью 220 т

повысить производительность и комфортность работы машиниста, оптимизировать работу оборудования, снизить простои и, как следствие, повысить эффективность использования экскаватора. Основные контрольные параметры выводятся на дисплей в кабине машиниста.

На рис.3 изображен первый введенный в эксплуатацию экскаватор ЭКГ 32Р на разрезе Краснобродский в Кемеровской области. Экскаватор показал хорошие эксплуатационные характеристики в тяжелых климатических условиях.

Выводы

1. Увеличение типоразмеров экскаваторов при условии их использования в комплексе с самосвалами соответствующей грузоподъемности позволит снизить себестоимость извлечения горной массы.

2. Наиболее приемлемым типом электропривода для ГТК является привод переменного тока на основе асинхронных электродвигателей.

3. Высокая степень унификации электромеханического оборудования позволит снизить его стоимость на стадии проектирования, а также сократить расходы при эксплуатации и ремонте оборудования.

4. Одним из перспективных направлений эксплуатации электромеханического оборудования является переход от технического обслуживания по регламенту или выходу из строя оборудования к обслуживанию по его фактическому состоянию. Это позволит сократить расходы по ремонту, сократит время простоя оборудования и позволит увеличить срок его службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования машин и механизмов / А.Е.Козярук, А.В.Кривенко, Ю.Л.Жуковский и др. / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013. 90 с.

2. Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования, работающего в тяжелых условиях, по электрическим параметрам / А.Е.Козярук, Ю.Л.Жуковский, С.В.Бабурин и др. // Записки Горного института. 2011. Т.192. С.161-166.

3. *Ильинский Н.Ф.* Электропривод: энерго- и ресурсосбережение / Н.Ф.Ильинский, В.В.Москаленко. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 208 с.

4. *Козярук А.Е.* Направления повышения эффективности эксплуатации экскаваторно-автомобильных комплексов на открытых горных работах / А.Е.Козярук, С.И.Таранов, А.В.Самолазов // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 1. С.6-11.

5. *Федоров О.В.* Частотно-регулируемый электропривод в экономике страны. М.: ИНФРА, 2011. 143 с.

6. *Takahashi L.*, *Noguchi T.* A new quick response and high efficiency strategy of induction motor / LAS, 1985.

REFERENCES

1. *Kozyaruk A.E.*, *Krivenko A.V., Zhukovskij Yu.L. et al.* Diagnostika i ocenka ostatochnogo resursa e'lektromexanicheskogo oborudovaniya mashin i mexanizmov (*Diagnosis andevaluation of residual lifeof electrical equipmentand machinery*). Natsional'nyi mineral'no-syr'evoi universitet «Gornyi». St Petersburg, 2013, p.90.

2. *Kozyaruk A.E.*, *Zhukovskij Ju.A.*, *Baburin S.V. et al.* Diagnostika i ocenka ostatochnogo resursa jelektromehanicheskogo oborudovanija, rabotajushhego v tjazhelyh uslovijah, po jelektricheskim parametram (*Diagnosis and evaluation of electrical equipment residual life operating in severe conditions of electrical parameters*). Zapiski Gornogo instituta. 2011. Vol.192, p.161-166.

3. *Il'inskij N.F.*, *Moskalenko V.V.* E'lektroprivod: e'nergo- i resursosberezhenie: uchebnoe posobie (*Electric drive: energy and resource conservation: a training manual*). Moscow, Izdatel'skij centr «Akademiya», 2008, p.208.

4. *Kozyaruk A.E.*, *Taranov S.I.*, *Samolazov A.V.* Napravleniya povy'sheniya e'ffektivnosti e'kspluatacii e'kskavatorno-avtomobil'ny'x kompleksov na otkry'ty'x gorny'x rabotax (*Directions of increase of operational efficiency of* excavator-*automobile complexes at open cast mining*). Gornoe oborudovanie i e'lektromexanika. 2014. N1, p.6-11.

5. *Fedorov O.V.* Chastotno-reguliruemy'j e'lektroprivod v e'konomike strany' (*Variable frequency drives in the national economy*). Moscow, INFRA, 2011, p.143.

6. *Takahashi L.*, *Noguchi T.* A new quick response and high efficiency strategy of induction motor. LAS. 1985.

ENERGY EFFICIENT ELECTROMECHANICAL SYSTEMS OF MINING ANDTRANSPORT MACHINES

A.E.KOZYARUK, *Dr. of Engineering Sciences*, *Professor*, *kozjaruk@mail.ru*
Saint-Petersburg Mining University, *Russia*

The problems of selecting the type and the structure of mining and transport machines electromechanical control system, providing energy efficiency and performance. The conclusion about the most admissibility of variable frequency drives with induction motors and power semiconductor converters was made. The methods and technical means of improving the energy efficiency of asynchronous electric motors due to the choice of increased power characteristics motors, design of special motor control algorithms and applying of semiconductor converters with active rectifiers, providing high power factor and improving of the electricity supply quality were reviewed. To improve the operational characteristics prompted use of diagnostic systems and residual life assessment of electrical equipment. Implementation of designs tied to the excavator-transport sector. The schemes of the excavator power drive, mining truck and implemented complex picture at coal mine are shown.

***Key words*:** energy efficiency, induction motor drive, power electronic converters, active rectifiers, drive control.