Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 5

Глава 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ОСНОВНЫЕ ПУТИ ЕГО РЕШЕНИЯ 10
1.1. Предпосылки автоматизации рабочего цикла экскаваторов 10
1.2. Критический анализ известных систем управления электроприводами подъема и тяги в процессе автоматического транспортирования ковша драглайна 12
1.3. Критический анализ известных систем защиты от растяжки 20
1.4. Цель, задачи и методы исследований 29

Глава 2. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ КОВША 32
2.1. Анализ способов и средств получения информации о положении ковша 32
2.1.1. Непосредственное измерение координат ковша с помощью датчиков угловых и линейных перемещений 33
2.1.2. Реализация способа получения информации о положении ковша без непосредственного измерения его координат 36
2.2. Разработка и исследование способов и систем управления электроприводами подъема и тяги в процессе транспортирования ковша в функции длин канатов 39
2.2.1. Аналоговая система с линейными датчиками 44
2.2.2. Аналоговая система с нелинейными датчиками 46
2.2.3. Цифроаналоговая система автоматического управления транспортированием ковша (ЦАСАУТК) 53
2.3. Исследование и разработка способа и системы управления электроприводами в режиме транспортирования ковша в функции нагрузок приводов 61
2.4. Разработка системы управления электроприводами в режиме растяжки ковша 68

Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ В ПРОЦЕССАХ ЗАЩИТЫ ОТ РАСТЯЖКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ КОВША 77
3.1. Математическое описание систем управления электроприводами в режиме защиты от растяжки и при автоматическом транспортировании ковша 78
3.1.1. Двигатели 79
3.1.2. Тиристорный преобразователь 80
3.1.3. Регулятор тока 80
3.1.4. Звено ограничения 81
3.1.5. Регулятор напряжения 81
3.1.6. Уравнение суммы длин канатов 82

3.1.7. Сельсины-датчики суммы длин канатов 82
3.1.8. Магнитный усилитель системы защиты от растяжки (УР) 83
3.1.9. Система автоматического транспортирования ковша 85
3.1.10. Полное уравнение САУТК и защитой от растяжки 85
3.2. Синтез и качество переходных процессов систем автоматизации и защиты от растяжки 87
3.2.1. Вывод аналитического выражения верхней границы зоны выбора варьируемых параметров 99
3.2.2. Построение переходных процессов 102
3.3. Исследование динамики систем управления электроприводами в процессе транспортирования ковша математическим моделированием на ЦВМ 104
3.3.1. Исследование на ЦВМ аналоговой системы автоматического управления транспортированием ковша в функции длин канатов 104
3.3.2. Исследование на ЦВМ цифроаналоговой САУ транспортированием ковша (ЦАСАУТК) экскаватора ЭШ 75.85 110
3.3.3. Исследование динамики САУТК в функции нагрузок приводов моделированием на ЦВМ 118

Глава 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ В ПРОЦЕССЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ КОВША И ЗАЩИТЫ ОТ РАСТЯЖКИ 126
4.1. Разработка устройства для записи траекторий движения ковша драглайна 126
4.2. Экспериментальное исследование системы защиты от растяжки 129
4.3. Экспериментальное исследование системы управления электроприводом тяги при автоматическом транспортировании ковша в функции длин канатов 138
4.4. Экспериментальное исследование системы управления электроприводом тяги при автоматическом транспортировании ковша в функции нагрузок приводов 145
4.5. Технико-экономическая эффективность внедрения системы автоматического управления процессом транспортирования ковша экскаватора ЭШ 100.100 151
4.6. Технико-экономическая эффективность внедрения системы защиты стрелы от растяжки на серийных экскаваторах ЭШ 15/90А 152

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 153
Библиографический список 156
ПРИЛОЖЕНИЯ 173

ВВЕДЕНИЕ

«Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года» предусматривает рост добычи угля с 320 до 430 млн т. Россия располагает значительными разведанными запасами угля — 193,3 млрд т, в том числе бурого (101,2), каменного (85,3, в том числе коксующегося 39,8), антрацитов (6,8). Добыча угля ведется в 16 угольных бассейнах и в 85 муниципальных образованиях России (из которых 58 являются углепромышленными территориями на базе градообразующих угольных предприятий) общей годовой производственной мощностью около 383 млн т. В 2011 г. было добыто более 336 млн т угля. Это наивысший показатель в постсоветской России (1992 г. — 335,8 млн т).

Крупнейшим угледобывающим бассейном выступает Кузнецкий. Наиболее перспективными по запасам и качеству угля, состоянию инфраструктуры и горнотехническим возможностям являются, помимо предприятий Кузбасса, также разрезы Канско-Ачинского бассейна, Восточной Сибири и Дальнего Востока, дальнейшее развитие которых позволит обеспечить основной прирост добычи угля в отрасли. В настоящее время ведется работа по созданию и обустройству новых центров угледобычи на базе Эльгинского (Южно-Якутский каменноугольный бассейн, Республика Саха (Якутия)), Межегейского и Элегестского (Улуг-Хемский угольный бассейн, Республика Тыва), Апсатского (Забайкальский край) месторождений. Там должны быть созданы углехимические и энергетические комплексы, включающие угольные разрезы, шахты, предприятия по переработке сырья и транспортную инфраструктуру.

При наиболее эффективном открытом способе добычи угля предусматривается широкое применение драглайнов, а также поставлена задача создания нового экскавационного оборудования — выемочно-погрузочных драглайнов (крайлайнов).

В настоящее время как в отечественном, так и в зарубежном экскаваторостроении наблюдается тенденция к созданию более мощных драглайнов с увеличенными габаритами стрелы и ковша, увеличенными рабочими скоростями и ускорениями. Естественно, что последнее приводит к усложнению управляющих функций оператора.

Большое значение приобретают вопросы безопасности работы мощных шагающих драглайнов и недопущения различных аварийных режимов: переподъема, перетяги и особенно режима растяжки ковша. Смысл растяжки заключается в том, что при транспортировании ковша по близким к стреле траекториям, ковш по ошибке машиниста может настолько приблизиться к стреле, что зайдет в аварийную зону растяжки ковша и автоматически, как из пращи, ударит по стреле. Это происходит мгновенно, и машинист обычно не может ничего предпринять.

Исследования ручного управления одноковшовых экскаваторов показали значительное недоиспользование технических возможностей экскаватора. При управлении недостаточно квалифицированным машинистом производительность экскаватора ниже на 30...40 %, чем при управлении опытным машинистом. Утомляемость машиниста обусловливает снижение производительности на 15...20 %. Работа в осложненных условиях (например, при близком к стреле отвале, в тумане, ночью) сопряжена с повышенным напряжением машиниста, который из осторожности снижает рабочие скорости, что уменьшает производительность до 10 %. Неквалифицированное управление обусловливает дополнительные нагрузки в рабочем оборудовании, что ведет к поломкам и авариям [l; 48]. Все это подтверждает необходимость решения серьезных задач по повышению эффективности использования одноковшовых экскаваторов [22; 25; 112], их производительности и надежности [12; 13], уменьшению зависимости эффективности экскаватора от субъективных качеств машиниста, его психического и физиологического состояния. Необходимость решения этих задач обусловливает актуальность автоматизации управления рабочим процессом экскаваторов.

Исследования показывают, что наиболее значительные резервы повышения производительности экскаваторов заключаются в уменьшении времени транспортных перемещений ковша [48], снижении динамических нагрузок в узлах экскаваторов, исключении возможности возникновения аварий, приводящих к длительным простоям и дорогостоящим ремонтам оборудования. Автоматизация хотя бы одной операции из рабочего цикла драглайна содержит в себе значительные резервы повышения эффективности их использования.

При решении задачи автоматизации управления шагающим экскаватором большое значение имеет автоматизация процесса транспортирования ковша как самого продолжительного этапа рабоче-

го цикла. К тому же в процессе транспортирования ковша по близким к стреле траекториям может возникнуть такая авария, как растяжка ковша (рис. В.1), устранение последствий которой связано с большими потерями времени и крупными затратами. Таким образом, автоматизация процесса транспортирования ковша должна решать двоякую задачу: 1) обеспечивать автоматическое перемещение ковша из забоя к точке разгрузки и обратно по заданным траекториям без вмешательства машиниста; 2) исключать потенциальную опасность возникновения аварийного режима растяжки, поскольку ковш будет всегда двигаться по заданным траекториям ниже зоны растяжки.

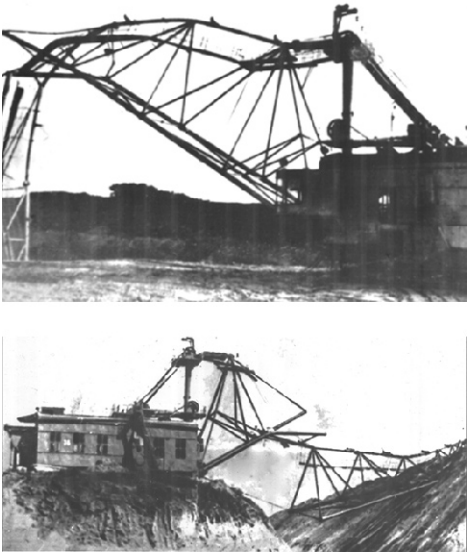


Рис. В.1. Авария, вызванная растяжкой ковша

Автоматическое транспортирование ковша обеспечит его движение с максимальными скоростями, в том числе и в сложных условиях работы, что способствует повышению производительности, а также исключает возможность возникновения аварийных режимов растяжки, саморазгрузки и столкновение с близким к стреле отвалом, что увеличит надежность управления.

Необходимо отметить, что система автоматизации транспортирования ковша не может полностью решить задачу защиты от растяжки, поскольку машинист может работать и в ручном режиме.

В связи с этим решение данной задачи должно обеспечиваться отдельной самостоятельной системой защиты от растяжки.

Автоматизация процесса транспортирования ковша и решение задачи защиты от растяжки способствуют повышению производительности труда и исключению тяжелых аварий, а следовательно, имеют огромное практическое значение. Создание таких мощных отечественных экскаваторов, как ЭШ 100.100, ЭШ 40.85, ЭШ 75.85, ЭШ 100.120, ЭШ 65.100, ЭШ 25.100, ЭШ 20.90, ЭШ 15.90, обострило актуальность этих вопросов.

В связи с этим в последнее десятилетие усилия ряда организаций направлены на создание систем автоматизации управления драглайном. Работы в этой области посвящены главным образом исследованию и созданию систем защиты от растяжки ковша и только отдельные работы — автоматизации транспортирования ковша. Имеется много различных систем и устройств защиты стрелы, причем только некоторые образцы были опробованы на действующих экскаваторах. Однако результаты практической реализации показывают, что задача повышения надежности и упрощения эксплуатации системы защиты стрелы остается актуальной.

Большинство известных систем автоматизации процесса транспортирования ковша исследовались путем математического моделирования на аналоговых машинах, и в настоящее время нет сведений о проверке их практикой.

Необходимо отметить, что задача автоматизации транспортирования ковша является достаточно сложной, поскольку для ее решения необходимо найти такой способ управления, который бы обеспечивал синхронную работу двух приводов и отвечал предъявляемым требованиям. В известных решениях используются довольно сложные способы управления, вызывающие определенные трудности при их реализации, что и является одной из причин отсутствия практических результатов решения данного вопроса.

В связи с вышеуказанным нахождение легко реализуемого способа управления, его научного обоснования, исследования и построения на его основе системы управления электроприводами в процессе автоматического транспортирования ковша является актуальной задачей. Её решение было поручено Уралмашзаводом и ВНИИЭлектроприводом Московскому инженерно-строительному институту.

Цель настоящей работы — исследование процесса транспортирования ковша, разработка способов управления электропривода-

ми, их исследование и создание на их основе научно обоснованных и легко реализуемых систем управления электроприводами подъема и тяги в процессе транспортирования ковша, построение надежной системы защиты стрелы от растяжки и разработка инженерной методики синтеза этих систем.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1) разработка и исследование способов управления электроприводами подъема и тяги в процессе транспортирования ковша;

2) разработка систем управления электроприводами подъема и тяги в режиме автоматического транспортирования ковша и при защите от растяжки;

3) исследование динамики систем управления электроприводами подъема и тяги в режимах автоматического транспортирования ковша и защиты от растяжки;

4) экспериментальное исследование на действующих экскаваторах устройств для автоматического управления электроприводами подъема и тяги в режимах транспортирования ковша и защиты от растяжки.

На основе исследований, выполненных автором в качестве ответственного исполнителя работ в Московском инженерно-строительном институте, созданы системы управления электроприводами подъема и тяги для автоматического транспортирования ковша драглайна и защиты от растяжки. Опытная эксплуатация этих систем подтвердила правильность лежащих в них научных и технических решений. Система защиты от растяжки поставляется в настоящее время серийно на все шагающие экскаваторы ПО «Уралмаш», а система автоматизации процесса транспортирования ковша внедрена в эксплуатацию на крупнейшем отечественном шагающем экскаваторе ЭШ 100.100 и заложена в техническую документацию серийных шагающих экскаваторов ПО «Уралмаш».

При разработке указанных систем ряд технических решений выполнен на уровне изобретений. К их числу относятся: «Способ управления электрическим приводом тяги драглайна», «Устройство для управления электроприводами подъема и тяги драглайна», «Устройство для управления электрическим приводом», «Устройство для управления приводом ковша экскаватора», «Способ управления электроприводом», «Устройство для деления электрических сигналов», «Устройство для записи координат траекторий движения ковша драглайна».

Глава 1

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ОСНОВНЫЕ ПУТИ ЕГО РЕШЕНИЯ

1.1. Предпосылки автоматизации рабочего цикла экскаваторов

Развитие современного экскаваторостроения предполагает увеличение производительности и линейных параметров машины. Связанный с этим рост мощностей приводов и рабочих скоростей исполнительных механизмов делает управление такими машинами более сложным и ответственным.

Анализ работы экскаваторов показывает, что эффективность их использования еще недостаточно высока. Например, по данным комбината «Востсибуголь», фактический коэффициент использования экскаваторов составил 0,6 при 0,69 по плану, причем две трети внеплановых простоев падает на аварийные причины [46]. Недостаточное использование машин объясняется не только различиями в разрабатываемых грунтах, климатическими условиями, технологией ведения горных работ, но и недостаточным использованием мощностей экскаваторов. Так, статистические исследования работы экскаватора ЭШ 25.100, проведенные в тресте «Орджоникидземарганец», показали, что минимальная длительность рабочего цикла 68 с при паспортном значении 65...70 с была достигнута лишь в 6 % всего числа циклов [33].

Управление современным экскаватором считается напряженным физическим трудом и требует от машиниста, которому приходится практически мгновенно оценивать изменение условий работы, одновременно управлять тремя координатами, исключать аварийные режимы и обеспечивать высокую производительность труда, а также внимания и значительных затрат нервной и мышечной энергии [34; 35; 49; 50; 110].

Исследования показывают, что в этих условиях естественным следствием является зависимость эффективности использования экскаватора в сравнимых условиях от квалификации и субъективных качеств машиниста, его физического и психологического состояния.

Исследования ручного управления одноковшовым экскаватором [14; 21; 48; 69; 49; 21] показывают, что оно, как правило, не обеспечивает оптимального управления, приводит к снижению производительности машины и возникновению ударных нагрузок в отдельных узлах конструкции (прежде всего в канатах и приводах). Комплексные исследования по выяснению влияния квалификации машинистов на показатели работы драглайнов проводились в МИСИ, и их результаты показали имеющиеся резервы повышения производительности и увеличения долговечности экскаваторов практически на всех операциях цикла экскавации. В частности, эти резервы заключаются в уменьшении переключений командоаппаратов, работе на более высоких механических характеристиках и с максимальными скоростями.

В Пермском политехническом институте был проведен цикл инженерно-психологических исследований, относящихся к вопросам автоматизации некоторых режимов одноковшовых экскаваторов на аналогово-цифровом вычислительном комплексе [48; 69; 70]. Исследования режимов управления транспортными перемещениями ковша показали, что увеличение количества одновременно управляемых оператором координат с двух до трех влечет за собой ухудшение показателей системы, в том числе значительное увеличение времени управления [69].

Согласно [15; 48], увеличение количества одновременно управляемых координат с одного до трёх приводит к увеличению времени регулирования в 2...3 раза, времени сенсомоторной реакции машиниста от 0,38 до 0,66 с, а также суммарного перемещения органов управления (рукояток командоаппаратов) в 2...3 раза.

Полученные данные говорят о том, что у многих машинистов экскаватора имеется реальный резерв для сокращения длительности рабочего цикла машины и снижения нагрузок в элементах ее конструкции. Для использования этого резерва предлагается обучать машинистов рациональным режимам управления [3], предоставлять им дополнительную информацию о нагрузках в приводах как по тактильному, так и по слуховому каналам [48; 71].

Другим путем, позволяющим минимизировать влияние мастерства машинистов на показатели работы экскаватора, стала автоматизация операций его цикла [52; 103; 43].

Автоматизация управления даже одного привода позволит значительно улучшить качество управления рабочими режимами [33].

Это объясняется информационной разгрузкой машиниста, который за счет этого сможет эффективнее управлять другими приводами.

Особое значение имеет автоматизация транспортирования ковша как самого продолжительного этапа в рабочем цикле.

Зарубежные источники [115; 116] показывают, что для повышения эффективности использования одноковшовых экскаваторов намечаются два пути:

1) создание локальных систем автоматизации отдельных процессов рабочего цикла экскаватора;

2) облегчение ручного управления с помощью специальных устройств.

Например, в [115] предлагается совместить управление двумя приводами в одной руке с помощью регулятора с одной ручкой, перемещающейся вдоль взаимно-пересекающихся осей управления. Однако, на наш взгляд, управление таким регулятором требует не меньшего мастерства, чем при традиционном управлении приводами подъема и тяги двумя рычагами.

Основой для создания систем автоматизации рабочего цикла драглайна являются теория автоматического управления экскаваторами и исследование динамики электромеханических систем этих машин, получившие развитие в трудах советских ученых МГИ, МЭИ, ХАДИ, МИСИ, СГИ, ДГИ, ЛВПИ, НИИТЯЖМАШ УЗТМ, ВНИИЭлектропривод и др.

Испытания отдельных локальных систем автоматизации процесса транспортирования ковша, разработанных на основе теоретических исследований, показывают сокращение длительности рабочего цикла по сравнению с ручным управлением, следовательно, их применение повышает производительность машины [44; 45; 85].

Таким образом, создание систем автоматизации экскаваторов драглайнов является экономически обоснованной задачей, для решения которой имеются существенные предпосылки.

1.2. Критический анализ известных систем управления электроприводами подъема и тяги в процессе автоматического транспортирования ковша драглайна

В настоящее время из литературных источников известно несколько систем автоматизации процесса транспортирования ковша. В целях создания работоспособной и не сложной в эксплуатации

системы управления электроприводами в процессе автоматического транспортирования ковша целесообразно рассмотреть известные системы. По способу управления положением ковша относительно стрелы системы можно классифицировать на:

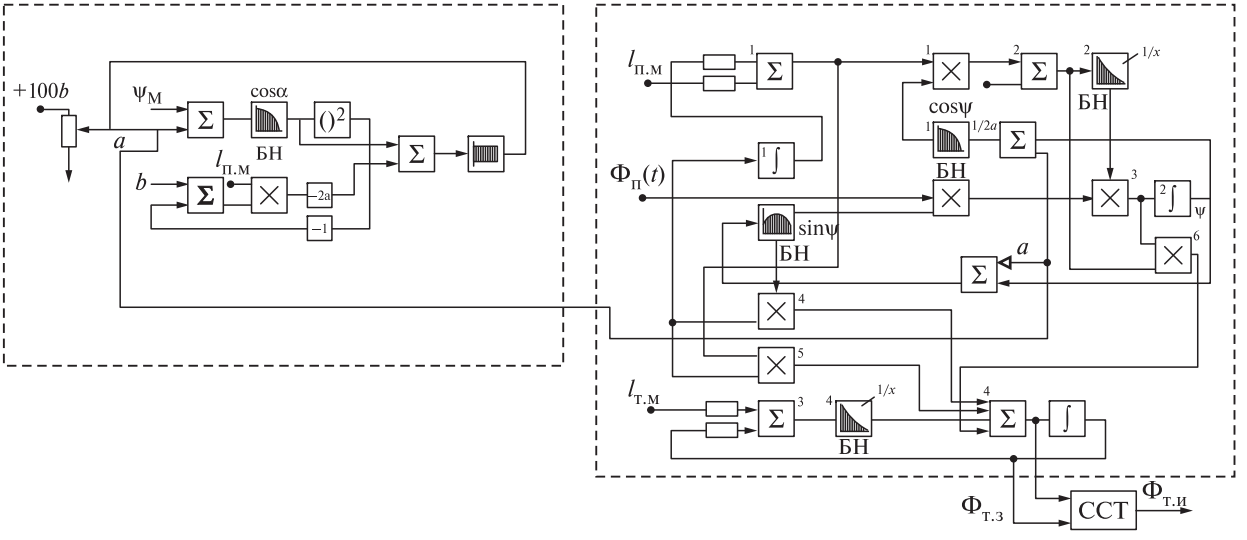
• управляющие положением ковша в функции текущих длин подъемного и тягового канатов или углов их отклонения от продольной оси стрелы [45; 107; 73; 19; 20; 28; 93; 94; 99];

• управляющие положением ковша в функции физических величин, имеющие функциональную связь с непосредственными координатами ковша (например, статические усилия в канатах) [84; 85; 95; 104].

Несколько систем было разработано в Московском горном институте [107; 73]. Система [107] (рис. 1.1) предусматривает автоматический подъем ковша в функции текущих длин подъемного и тягового канатов и угла между подъемным канатом и стрелой. Через каждую точку отрыва ковша, координаты которой являются входной информацией системы, с помощью блока поворота осей координат ищут конкретную кривую, которая проходит через данную точку отрыва ковша, и по окончании поиска начинается процесс разгона с последующим подъемом ковша по кривой второго порядка с помощью программирующего устройства с жесткой программой.

Использование программирующего устройства в системе позволяет обеспечить максимальную скорость подъема, что положительно скажется на производительности машины. Однако описанная выше система довольно сложна и реализуется большим количеством элементов. Необходимо отметить, что, поскольку траектории подъема представляют собой кривые второго порядка, при подъеме ковша из дальних точек забоя он может попасть в зону саморазгрузки, что снижает надежность управления, а также уменьшает производительность машины и эффективность автоматизации, поскольку ковш необходимо предварительно подтянуть к основанию машины.

Система [73] (рис. 1.2) содержит два блока сравнения текущих длин подъемного и тягового канатов с их конечными значениями, к которым подключены реле, блок деления, усилители мощности, соединенные с соответствующими приводами, два интегратора, суммирующее устройство, соединенное с поляризованным реле, и пересчетное устройство. Здесь используются скоростные сигналы приводов, введение которых позволяет учесть инерционность при-



а *б*

Рис. 1.1. Функциональная схема САУ:

а — блок поворота полярной оси; *б* — блок, программирующий движение по заданной кривой; ССТ — следящая система привода тяги; $l_{п.м}$, $l_{т.м}$, $\psi_М$ — длина подъемного и тягового канатов и угол между подъемным канатом и стрелой экскаватора; БН — блок нелинейности [107]

водов. Однако система не предусматривает оперативного изменения положения траекторий подъема ковша, положение которых зависит от точки отрыва ковша, что необходимо при близком к стреле отвале для исключения возникновения аварии. При повороте машины ковш, поднимаемый из дальних точек забоя, может столкнуться с отвалом. Последнее снижает надежность управления, а также уменьшает производительность машины из-за увеличения длительности цикла, поскольку при копании из дальних точек забоя ковш необходимо предварительно подтянуть до той точки отрыва, траектория подъема из которой не заходила бы в зону отвала. Необходимо отметить, что указанные системы отличаются довольно сложными алгоритмами управления, в связи с чем их реализация потребует дополнительных исследований и проведения комплекса работ по их упрощению и повышению надежности.

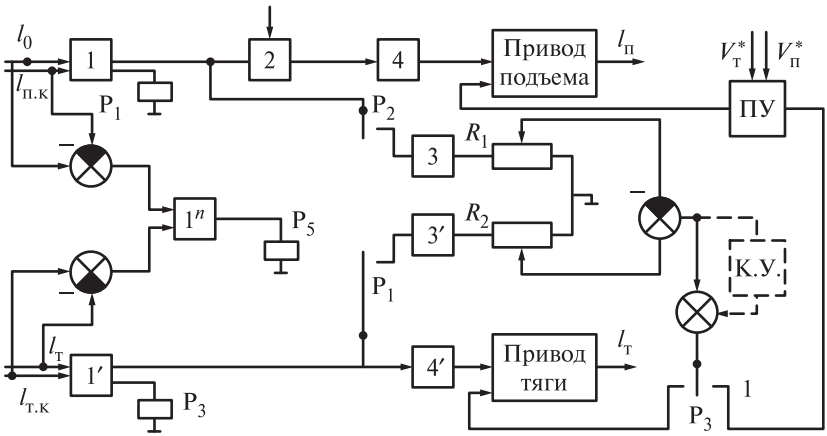


Рис. 1.2. Схема автоматического подъема ковша:
1, 1′ — блоки сравнения; 3, 3′ — интеграторы; ПУ — пульт управления;
Р — реле; R — сопротивление; $l_т$ — длина тягового каната

Известен способ автоматического управления приводом тяги драглайна [93], исключающий попадание ковша в зону саморазгрузки. Он заключается в том, что: 1) определяют величину косинуса суммы углов наклона стрелы к горизонту и угла между осью стрелы и подъемным канатом, величину синуса суммы углов между осью стрелы и подъемным и тяговым канатами и отношение между этими величинами $\dfrac{\cos(\varepsilon+\varphi_т)}{\sin(\varphi_п+\varphi_т)}$, где $\varphi_п$, $\varphi_т$ — углы между осью

стрелы и канатами подъема и тяги, ε — угол наклона стрелы к горизонту; 2) сравнивают его с заданным отношением и по величине рассогласования корректируют управляющий сигнал на привод тяги.

Рассмотренный способ управления не решает задачи транспортирования ковша по заданным траекториям в пределах рабочей зоны, а также в нем не учитываются величины скоростей приводов.

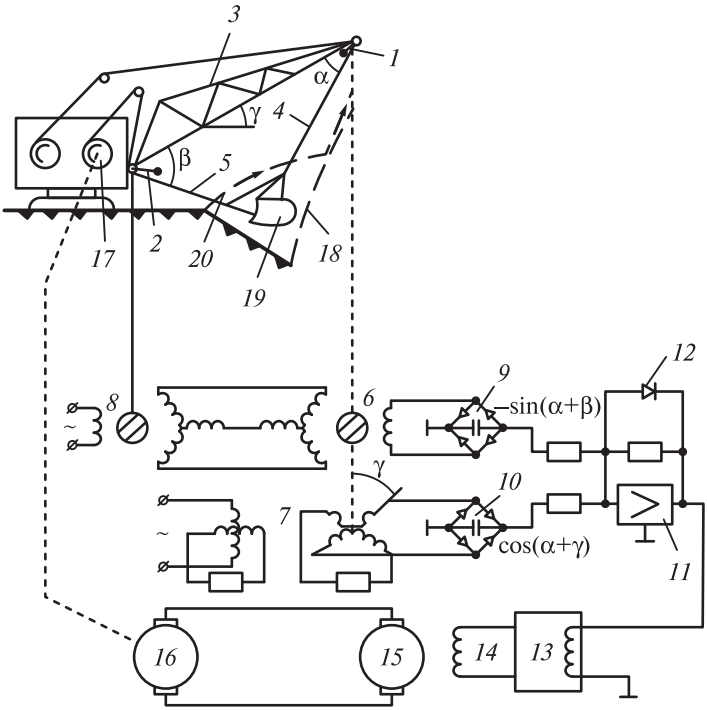


Рис. 1.3. Устройство для предупреждения попадания ковша в зону саморазгрузки

Устройство [94] (рис. 1.3) предназначено для предупреждения попадания ковша в зону саморазгрузки и содержит рычаги *1*, *2*, установленные соответственно на вершине и у основания стрелы *3*, один конец каждого из них лежит соответственно на подъемном *4* и тяговом *5* канатах, сельсины *6* и *8*, синусно-косинусный вращающийся трансформатор *7*, выпрямители *9*, *10* и усилитель *11*, в обратную связь которого включен диод *12*. На выходе усилителя *11*

получают напряжение равное $\cos(\gamma + \alpha) - K\sin(\alpha + \beta)$, где γ — угол наклона стрелы к горизонту, K — конструктивный коэффициент $K = 0{,}297$, α и β — углы между осью стрелы и канатами подъема и тяги. Этому выражению соответствует граница *18* положений ковша *19* разделяющая рабочую зону (слева от границы *18*) и зону саморазгрузки ковша (справа от границы *18*). При движении ковша из рабочей зоны в зону саморазгрузки и его подходе к границе *18*: разность $\cos(\gamma + \alpha) - K\sin(\alpha + \beta)$ становится отрицательной, на выходе усилителя 6 появляется положительный сигнал, который воздействует через возбудитель *13* и генератор *15* на двигатель тяги *16* таким образом, что уменьшается скорость сматывания каната и выход ковша в зону саморазгрузки исключается. Рассмотренное устройство имеет те же недостатки, что и описанный выше способ управления.

В работах [84; 85] предлагается система автоматизации, позволяющая осуществлять подъем ковша по траектории вдоль стрелы вблизи кривой минимально допустимого приближения, путем поддержания постоянной оптимальной статической нагрузки подъемных двигателей. Система (рис. 1.4) включает в себя однотактный магнитный усилитель, выходное напряжение которого подается на задающую обмотку электромашинного усилителя привода тяги через контакты реле включения автоматического подъема. Данная система проста и легко реализуется, однако в ней отсутствует возможность выбора и изменения положения траекторий подъема, в связи с чем подъем ковша из дальних точек забоя осуществляется не по кратчайшим расстояниям. Это отрицательно сказывается на длительности подъема. В то же время подъем ковша по кривой минимально допустимого приближения, расположенной вблизи стопорной кривой, нежелателен, поскольку в канатах и стреле будут постоянно возникать усилия, близкие к предельным. Испытания системы показали, что она позволяет сократить длительность этапа подъема на 5...15 % по сравнению с ручным управлением.

Разработке принципов автоматического управления положением ковша в режиме транспортирования посвящена работа [104], в которой исследованы возможности получения информации о положении ковша с помощью функциональных зависимостей между статическими усилиями в канатах и угловыми отклонениями канатов от оси стрелы. Исследования показали, что автоматическое транспортирование ковша можно осуществить по кривым вдоль

границы аварийной зоны растяжки, подавая на привод тяги сигнал в функции разности усилий в подъемном и тяговом канатах.

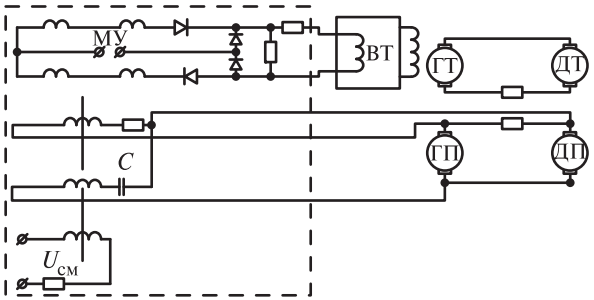


Рис. 1.4. Схема автоматического подъема ковша к месту разгрузки:
МУ — магнитный усилитель; ВТ — возбудитель привода тяги;
ГТ, ГП, ДТ, ДП — генератор, двигатель приводов подъёма и тяги;
$U_{см}$ — напряжение смещения

Испытания системы показали ее работоспособность и перспективность дальнейших исследований.

Известно устройство [95] (рис. 1.5), также использующее в качестве информации о положении ковша нагрузки приводов и обеспечивающее автоматическое транспортирование ковша из любой точки забоя в пределах рабочей зоны при отсутствии дополнительных ограничений. Однако это устройство имеет недочеты: сложность схемной реализации и недостаточная надежность управления в условиях часто встречающихся дополнительных ограничений на положение траекторий транспортирования ковша (высокий и близкий к стреле отвал, узкий забой и т.д.). Кроме того, на надежность управления отрицательно сказывается влияние загрузки ковша на статическую точность управления (с уменьшением загрузки точность падает).

Работы [19; 20] посвящены автоматизации процесса транспортирования ковша драглайна. Контроль за положением ковша предлагается осуществлять по длинам канатов с помощью дискретных датчиков. В результате анализа и синтеза предложены структуры и определены параметры аналогово-цифровых преобразователей скорости и положения экскаваторных механизмов.

Наряду с локальными системами автоматизации режима подъема ковша в МГИ разработана комплексная система программного управления рабочим циклом драглайна [28; 45], предусматрива-

ющая и автоматизацию процесса транспортирования ковша, т.е. синхронизацию работы механизмов подъема, тяги и поворота при минимальном времени цикла, плавном протекании переходных процессов и наименьшей загрузке приводов. Для обеспечения этих требований найдены выражения, связывающие законы изменения скоростей механизмов.

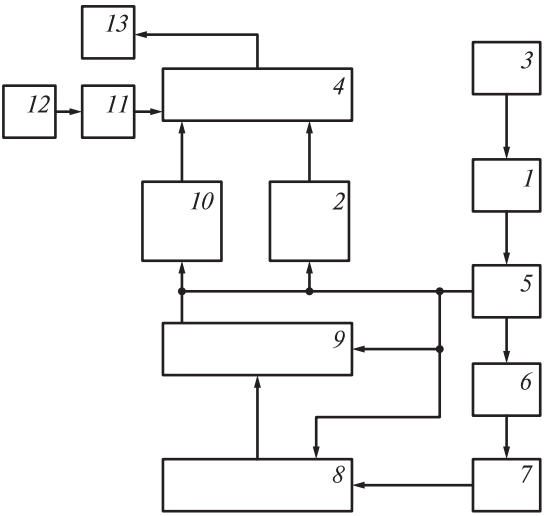


Рис. 1.5. Блок-схема устройства автоматического транспортирования ковша драглайна:
1, *2* — датчики нагрузок приводов; *3*, *4* — приводы подъёма и тяги; *5* — компаратор; *6* — мультивибратор; *7* — триггер; *8* — электронный ключ; *9* — операционный усилитель запоминающий; *10* — суммирующий операционный усилитель; *11* — орган сравнения; *12* — элемент задания; *13* — датчик перемещения

Систему программного управления предполагается использовать на мощных шагающих экскаваторах с электроприводом, построенным по принципу многоконтурного подчиненного регулирования. До настоящего времени экспериментальное исследование системы программного управления шагающим экскаватором выполнено только с помощью аналоговых машин.

Таким образом, наряду с тем, что проделаны значительные исследования по автоматизации процесса транспортирования ковша, в настоящее время нет системы, отвечающей всем требованиям и прошедшей полевые испытания. Это объясняется тем, что в из-

Конец ознакомительного фрагмента.
Для приобретения книги перейдите на сайт магазина «Электронный универс»:
e-Univers.ru.