

УКД 622.313.33

М.В. ЗАБЕГАЕВ, магистрант (КузГТУ)
В.Г. КАШИРСКИХ, д.т.н., профессор (КузГТУ)
г. Кемерово

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Надежность и производительность одноковшовых карьерных экскаваторов (драглайн и прямая лопата), являющихся основной техникой на открытых горных работах, определяет эффективность работы предприятия. Органы и приемы управления, последовательность выполнения операций, средства и методы контроля производственной ситуации для этих машин близки, из-за этого основные принципы автоматизации управления такой техникой имеют лишь небольшие отличия. Поскольку рабочий процесс экскаватора характеризуется большой неопределенностью производственной ситуации в забое, автоматизация управления этим рабочим процессом связана с рядом технических трудностей.

Личный опыт монтажно-наладочных работ электроприводов экскаваторов ЭКГ-4,6, ЭКГ-5А, ЭКГ-4У, ЭШ-10/60, ЭШ-10/70, ЭШ-15/90 в составе передвижной электролаборатории «ИП Гаврилов М.П.», обслуживающей горное оборудование предприятий АО «Светлый» и ООО ЗРК «Грейн-Стар» в Восточной Сибири, помог выявить главные недостатки, свойственные системам электроприводов главных механизмов экскаваторов. Эти недостатки можно условно разделить на три основные группы:

I - Недостатки силовой схемы электроприводов: большая мощность электрических машин в системе Г-Д; цепи возбуждения генераторов имеют высокую инерционность; низкое значение к.п.д.; низкий коэффициент мощности системы ТП-Д из-за фазового управления тиристорами; необходимость использования фильтро-компенсирующих устройств для защиты карьерных сетей от высших гармонических составляющих тока.

II–Недостатки при наладке электроприводов: большое многообразие систем управления и принципов формирования экскаваторной характеристики как для различных типов экскаваторов, так и для различных механизмов даже одного экскаватора, так и для одного и того же механизма при разных положениях рукоятки командоконтроллера; морально устаревшая элементная база, которая не дает возможность использования современных принципов управления в экскаваторных приводах. Все это значительно усложняет наладку, обслуживание и эксплуатацию электроприводов.

III– Недостатки процесса обнаружения неисправностей. Отсутствие специальных автоматических диагностических устройств требует постоянной работы обслуживающего персонала по определению технического со-

стояния отдельных систем и узлов электрооборудования экскаваторов процессе эксплуатации.

Перечисленные недостатки снижают эффективность работы как электрического, так и механического оборудования экскаватора. Система контроля состояния электрооборудования на сегодняшний день сводится лишь к установке в кабине экскаватора нескольких контрольно-измерительных приборов. Известны различные пути устранения перечисленных недостатков. Например, есть мнение, что совершенствование электроприводов постоянного тока для карьерных экскаваторов не является радикальным методом и нужно переходить на электропривод переменного тока с частотным управлением. Это спорный вопрос, который нуждается в серьезном обосновании, однако очевидно, что экскаваторы с электроприводами постоянного тока еще достаточно продолжительное время будут эксплуатироваться. Особенно это относится к экскаваторам с объемом ковша от 5 до 10 м³, которые применяются на карьерах небольших размеров, где организационно и экономически трудно совершить массовое обновление экскаваторного парка.

Поэтому рассмотрим современные подходы для модернизации и совершенствования системы управления электроприводов постоянного тока, таких, например, как внедрение систем микропроцессорного, программного, программно-интеллектуального управления, а так же использование нечеткой логики в программном управлении.

В настоящее время большинство предприятий – разработчиков экскаваторной техники оснащают выпускаемые экскаваторы с системами управления электроприводов на основе использования микропроцессоров. Например, компания «Объединенная энергия» представила систему управления [1], блоки управления главными электроприводами которой выполнены на микроконтроллерах семейства PIC16F фирмы Microchip. Три микроконтроллера PIC16F873 каждого блока выполняют определенную функцию в своей подсистеме: импульсно-фазовое управление, регулирование и защиту. Блок, реализованный на PIC18F1320, выполняет обработку сигналов от командоаппаратов и сигналов взаимодействия блоков. Построение многопроцессорной системы и выполнение на отдельных микроконтроллерах определенных функций является хорошим решением, однако в настоящее время необходимо использовать более современную элементную базу.

Известно также техническое решение [2], в котором предлагается реализовать систему управления транзисторным возбудителем генератора главных электроприводов карьерных экскаваторов на базе 16-разрядного микроконтроллера C167CR фирмы Infineon Technologies. В данном случае практически все функции системы управления, кроме функций индикации и контроля аварий, выполняются микроконтроллером C167CR с частотой 33 МГц. Дискретность выполнения алгоритмов диагностики и режимной автоматики – 10 мс, а у основных алгоритмов регуляторов – 2 мс. Система прошла успешные испытания на экскаваторе ЭКГ-10.

Разработана также микропроцессорная система управления электроприводом карьерных экскаваторов на основе 16-разрядного микроконтроллера TMS320LF2403 фирмы TexasInstruments с функциями цифровой обработки сигналов, который работает на частоте 40 МГц с производительностью 40 MIPS (миллион операций в секунду) [3]. Эти и другие разработки подтверждают хорошие перспективы создания высокоэффективных систем микропроцессорного управления.

Перспективным также является программное управление электроприводами, которое позволяет исполнительному органу рабочей машины перемещаться по определенной, наперед заданной, программе. Однако из-за постоянно изменяющихся условий работы в забое управление одноковшовым карьерным экскаватором является сложной задачей, которая на основе автоматического программного управления в настоящее время пока не решена. Поэтому целесообразно совершенствовать комбинированные системы управления, в которых сочетаются возможности и достоинства автоматических устройств и человека-оператора.

Как правило, данные системы управления имеют двухуровневый иерархический принцип построения. На верхнем уровне происходит формирование программы работы электроприводов экскаватора машинистом, и при этом он непосредственно управляет главными приводами на выбранных участках рабочего процесса. На нижнем уровне управления локальные системы управления главными приводами экскаватора выполняют работу по заданиям и программам верхнего уровня на участках рабочего процесса, которые требуют выполнения достаточно быстрых и точных управляющих воздействий.

В [4] рассмотрена структура системы, ее аппаратное, программное и алгоритмическое обеспечение, определены задачи и функции системы автоматизированного управления технологическим процессом добычных работ экскаватором, и ведения вскрышных горных работ экскаватором-драглайном. Предусмотрены следующие функции: автоматическая оценка эффективности эксплуатации экскаватора; автоматический диагностический контроль системы управления электроприводами главных механизмов; автоматическая диагностика технического состояния технологического оборудования; автоматическое обеспечение безопасности движения ковша в рабочем пространстве; автоматическое управление транспортным движением ковша. Для реализации функций управления транспортным движением ковша разработаны алгоритмы по всем составляющим цикла.

Несмотря на трудности, которые нужно преодолеть для замены человека-оператора на программное устройство управления, такие системы успешно разрабатываются для других типов экскаваторов, работающих в более простых условиях, чем карьерные экскаваторы. Например, компания Komatsu для выполнения землеройных работ выпускает экскаваторы PC490LCi-11 и PC360LCi-11, которые оснащены интеллектуальной технологией управления (iMC) и работают без оператора. При этом используются сигналы позиционирования GPS / GNSS, на основании которых технология

iMC ориентирует машину в пространстве и управляет ее подсистемами в соответствии с программой. Кроме того, в 2014 году компания начала производство уже второго поколения своего полуавтоматического экскаватора PC210LCi, работа которого, по сравнению с базовым экскаватором PC210LC на 63% более эффективна[5].

Процесс копания карьерного экскаватора является одной из самых сложных для автоматизации операций. При этом необходимо учитывать достаточно много информации, часть из которой трудно получить в измеренном виде. Это, прежде всего, информация, которую машинист получает зрительно, например, форма разрабатываемого забоя. Однако с развитием бесконтактных средств измерения расстояния (сканирующие радарные, лазерные и ультразвуковые дальномеры и уровнемеры) получение такой информации стало возможным. А быструю обработку этой информации сделал возможным рост производительности вычислительных средств. Таким образом, в настоящее время есть все предпосылки для создания системы автоматического управления карьерным экскаватором.

Для построения системы управления здесь целесообразно применение программно-интеллектуального алгоритма [6,7], представляющего собой комбинацию жесткой программы и алгоритма на основе применения нечеткой логики.

В самом начале работы алгоритма выполняется оценка текущего объема породы в ковше для того, чтобы принять решение о завершении или продолжении процедуры черпания. Здесь предусмотрен выбор и реализация одной из возможных процедур управления для полного заполнения ковша на основе выявления ситуации стопорения приводов. Далее формирование заданий скоростей приводов напора и подъема осуществляется с помощью нечеткого алгоритма, который для управления процессом черпания является комбинацией трех алгоритмов – алгоритма управления приводом подъема, алгоритма управления приводом напора и алгоритма определения рекомендуемой толщины снимаемой стружки.

Для каждого алгоритма вводятся лингвистические переменные и принадлежность каждой из них к своим нечетким множествам, например, для лингвистической переменной «Нагрузка привода подъема» предусмотрена принадлежность к четырём нечетким множествам: Меньше номинального, Номинальный, Больше номинального, Стопорный. Суть управления приводами подъема и напора при копании заключается в регулировании толщины снимаемой стружки породы на уровне, который рекомендует алгоритм определения толщины стружки. Основным здесь является управление скоростью привода напора. В идеальном случае должна обеспечиваться постоянная скорость подъема, а для достижения хорошего быстродействия эта скорость должна быть близка к номинальной.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что наиболее современным и перспективным для создания системы автоматического управ-

ления карьерным экскаватором является программно-интеллектуальное управление. Здесь можно выделить 2 основных подхода:

1. Автоматическое управление. Для этого используются сигналы от системы позиционирования GPS / GNSS и 3D-топографический план. Кроме технических сложностей, к недостатку данного подхода следует отнести необходимость загрузки в память бортового компьютера предварительно разработанного 3D-топографического плана горных работ. К достоинствам следует отнести безлюдное и эффективное выполнение технологического процесса.

2. Полуавтоматическое управление. При этом подходе машинисту экскаватора не надо самостоятельно регулировать степень заглубления ковша, так как на основе сигналов от датчиков «положение ковша», «форма за-боя» и нечетких регуляторов система управления автоматически регулирует толщину снимаемой стружки и загруженность ковша. Это позволит обеспечить минимальную длительность цикла. Очевидно, что в настоящее время такой подход является более перспективным.

Список используемой литературы:

1. Обзор применяемых технических решений в области экскаваторного электропривода. Часть IV [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.digitrode.ru/articles/674-obzor-primenyaemyh-tehnicheskikh-resheniy-v-oblasti-ekskavatornogo-elektroprivoda-chast-iv.html>
2. Вологин Н.А. Совершенствование систем управления электроприводами постоянного тока главных механизмов карьерных экскаваторов // Диссертация...кандидата технических наук: 05.09.03. – Санкт-Петербург. 2003 г. – 181 с.
3. Соловьев Д.Б. Микропроцессорная система управления электроприводом карьерных экскаваторов // Журнал «Горное оборудование и электромеханика» №1 2006 г. – 17-18 с.
4. Певзнер Л.Д. Автоматизированная система управления тяжелыми экскаваторами циклического действия // Журнал «Горная Промышленность» №5 (99) 2011 г. – 58 с.
5. Новый экскаватор Komatsu с интеллектуальной системой управления [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rentok.ru/news/novyj-ekskavator-komatsu-s-intellektualnoj-sistemoj-upravlenija.html>
6. Управление с использованием нечеткой логики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.krona-sm.com/upravlenie-s-ispolzovaniem-nechetkoj-logiki.html>
7. Певзнер Л.Д. Алгоритм управления операцией черпания карьерного экскаватора-мехлопаты с применением нечеткой логики // Отдельные статьи горного информационно-аналитического бюллетеня (пре-принт). 2015. – 263-272 с.