



О модернизации многодвигательных электроприводов действующего парка одноковшовых экскаваторов



**Д.В. ЛИСИЦЫН, старший преподаватель кафедры АПП,
О.О. КОСТРОВ, студент гр. АуУ-08-3,
Казахандинский государственньй технический университет**

В работе проведен краткий обзор и анализ существующих способов выравнивания нагрузок в многодвигательных электроприводах одноковшовых экскаваторов. Определены основные направления по улучшению режимов работ многодвигательных электроприводов действующего парка экскаваторов. Предложены альтернативные варианты решения проблемы выравнивания нагрузок в многодвигательных электроприводах. Разработана структурная схема блока определения разности магнитных потоков на основе измерения скорости и тока якорных цепей электродвигателей. Предлагаются варианты применения бесконтактных датчиков крутящего момента с интегрированным измерительным усилителем. Возможно формирование сигнала рассогласования электромагнитных моментов с помощью подобных датчиков. Рассогласование используется при формировании корректирующего воздействия для выравнивания магнитных потоков.

Основной тенденцией экскаваторостроения является использование многодвигательных электроприводов в главных механизмах подъема, поворота, напора, хода. Использование для привода поворота многодвигательного электропривода позволяет при допустимом ускорении уменьшить нагрузку валопроводов, а следовательно, выполнять их менее громоздкими и металлоемкими. При увеличении числа валопроводов достигается более благоприятное распределение усилий в опорно-поворотном устройстве. Однако появляются дополнительные задачи управления, а именно

распределение нагрузок между электродвигателями.

Большинство экскаваторов оснащено электроприводами главных механизмов по схеме «силовой магнитный усилитель – генератор – двигатель постоянно-го тока» (система СМУ-Г-Д). К таким экскаваторам относятся ЭКГ-5А и ЭКГ-8И. На отдельных экскаваторах серии ЭКГ-10 и ЭКГ-12,5 использованы тиристорные возбудители генераторов и двигателей (система ТВ-Г-Д). На экскаваторах серии ЭКГ-20 использованы электроприводы с тиристорными преобразователями в якорных цепях (система ТП-Д).

При параллельном соединении якорных цепей электродвигателей распределение нагрузки между двигателями, связанными жестко, определяется их механическими характеристиками. В силу неодинаковости конструктивных параметров, различий в величине магнитных потоков двигателей и других факторов механические характеристики двигателей всегда отличаются друг от друга. Как следствие, нагрузки двигателей при параллельном соединении обычно неодинаковы, причем различия возрастают с увеличением жесткости механических характеристик. При высокой жесткости механических характеристик небольшие различия в потоках двигателей могут создавать условия, при которых один из двигателей не только принимает на себя всю нагрузку механизма, но и дополнительно подгружается вторым двигателем, который при этом переходит в генераторный режим работы [1].

На рисунке 1 приведена функциональная схема выравнивания нагрузок параллельно соединенных двигателей.

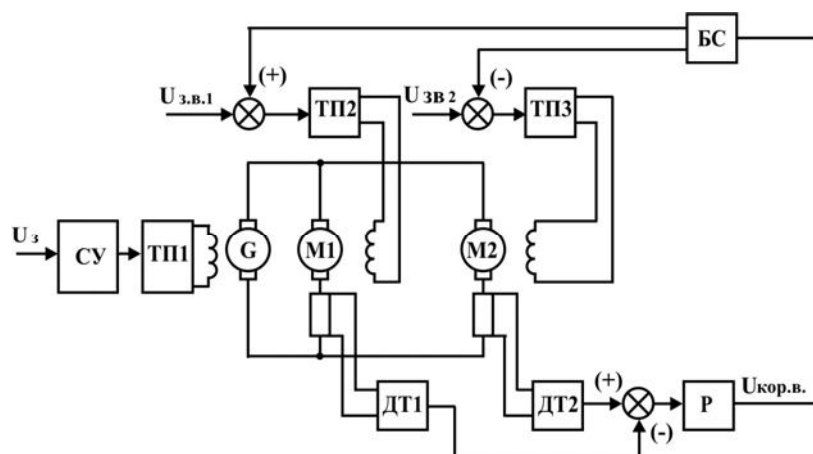


Рисунок 1 – Функциональная схема системы выравнивания нагрузок при параллельном соединении двигателей

В результате регулировок и конструктивных особенностей электрических машин токи в якорных цепях двигателей могут отличаться [2]. В схеме измеряется рассогласование токов якорных цепей, которое подается на вход дополнительного регулятора. Сигнал с регулятора подается на блок согласования. Сигналы с блока согласования с соответствующими знаками подаются в цепи управления токами возбуждения двигателей.

При использовании индивидуальных силовых модулей (тиристорных преобразователей) для каждого двигателя целесообразно использовать схему выравнивания нагрузок, представленную на рисунке 2.

Принцип работы данной системы аналогичен рассмотренной ранее, но здесь корректирующее воздействие оказывается уже не на цепи возбуждения, а на якорные цепи электродвигателей.

При использовании системы Г-Д якорные цепи двигателей, в большинстве случаев, соединены последовательно и включены на регулируемое выходное напряжение генератора. Например, такая схема реализована в самых массовых сериях экскаваторов ЭКГ-5А и ЭКГ-8И. Необходимость последовательного соединения двигателей в многодвигательных экскаваторных электроприводах диктуется попыткой равномерного распределения нагрузки между валопроводами механизма. Считается, что последовательное соединение обеспечивает работу многодвигательного электропривода с примерно одинаковыми моментами двигателей [1]. Однако в работе [3] было установлено, что несмотря на последовательное соединение двигателей, из-за неидентичности характеристик электродвигателей, а именно из-за разницы основных магнитных потоков, в электроприводах поворота и подъема возникают значительные механические перегрузки и электрические перенапряжения колебательного характера. В связи с этим наиболее целесообразным представляется модернизация системы управления, суть которой заключается в дополнении существующей структуры системой выравнивания магнитных потоков. Данное техническое решение позволит провести модернизацию действующих экскаваторов с минимальными затратами. Непосредственное измерение основных магнитных потоков двигателей постоянного тока в экска-

ваторных электроприводах не представляется возможным. Технически данная задача практически не выполнима без нарушения целостности конструкции электродвигателей. Оценить разницу магнитных потоков двигателей можно косвенным путем, за счет измерения доступных величин, например, скорости вращения двигателей, тока якорных цепей или электромагнитных моментов. На рисунке 3 приведена структурная схема математической модели двухдвигательного электропривода механизма поворота экскаватора с уточненной механической частью, учитывающей упругие связи и механизм зазораобразования.

На схеме приняты следующие обозначения: E_G – напряжение генератора; I_A – ток в якорной цепи; $M_{Д1}$, $M_{Д2}$, $M_{ПЛ}$ – электромагнитные моменты соответствующих двигателей и момент, приложенный к поворотной платформе; $M_{СВЭ}$ – момент сопротивления движению поворотной платформы; M_{13} , M_{23} – упругие моменты с учетом внутреннего вязкого трения; J_1 , J_2 , J_3 – моменты инерции массивных элементов первого и второго электроприводов механизма и поворотной платформы; C_{13} , C_{23} – эквивалентные коэффициенты жесткости упругих элементов; b_{13} , b_{23} – эквивалентные коэффициенты вязкого трения упругих звеньев; ω_1 , ω_2 , ω_3 – скорости вращения двигателей и частота вращения поворотной платформы; $HЭ1$, $HЭ2$ – нелинейные элементы, моделирующие эквивалентные зазоры в зубчатых передачах; φ_1' , φ_2' – угол поворота вала соответствующего двигателя; φ_1 , φ_2 – приведенный угол поворота тихоходного вала редуктора; $\Delta\varphi_3$ – приведенный зазор в редукторе.

Если измерить электромагнитные моменты $M_{Д1}$, $M_{Д2}$, то магнитные потоки $\Phi_{Д1}$ и $\Phi_{Д2}$ можно легко вычислить, т.к. электромагнитные постоянные C_{M1} и C_{M2} останутся неизменными и легко вычисляются.

До 1990 года выпускаемые промышленностью датчики крутящего момента были относительно дорогими, громоздкими и ненадежными. Внедрение таких датчиков в механизмы влекло за собой значительные переделки конструкции и в целом снижало надежность оборудования.

Современные бесконтактные датчики крутящего момента от мировых производителей [4] выполнены уже с интегрированным измерительным усилителем и

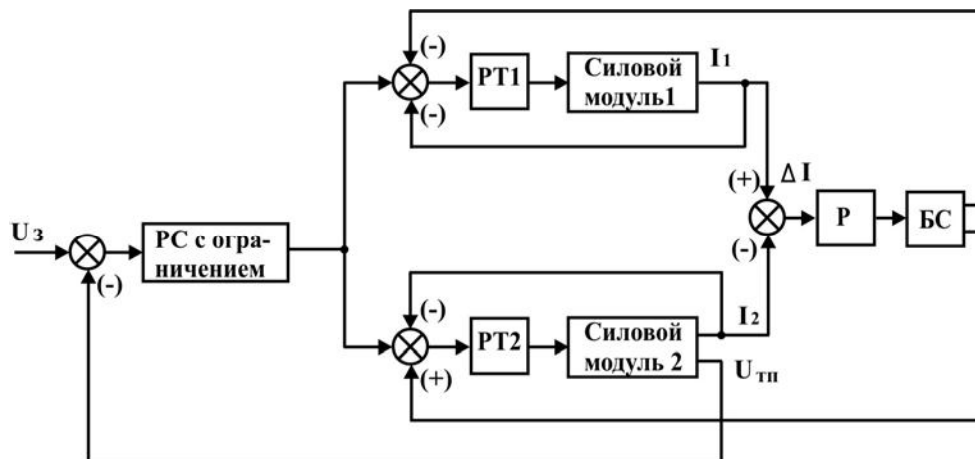


Рисунок 2 – Функциональная схема системы выравнивания нагрузок в электроприводе с индивидуальными силовыми модулями двигателей

предназначены для измерения крутящего момента, угла поворота или частоты вращения. Они хорошо подходят для использования в исследовательских лабораториях и в промышленности.

Благодаря индуктивной, бесконтактной передаче напряжения питания и оптической, бесконтактной передаче сигнала измеряемого параметра, данные датчики крутящего момента могут использоваться везде, где требуются: большой ресурс, эксплуатация без обслуживания, высокие частоты вращения и продолжительные режимы измерений.

Надежное измерение постоянных и переменных крутящих моментов позволяет этим датчикам находить качественное применение в области испытаний, в конструкциях испытательных стендов и машин.

Таким образом, применив такие датчики в многодвигательном экскаваторном электроприводе, можно получить сигнал рассогласования электромагнитных моментов, а следовательно и сигнал рассогласования основных магнитных потоков двигателей. Этот сигнал можно использовать для корректировки и выравнивания магнитных потоков аналогично тому, как это происходит в схеме, представленной на рисунке 1.

В качестве альтернативного варианта, чтоб косвенно оценить разницу магнитных потоков, можно предложить способ измерения скорости вращения

электродвигателей и тока якорных цепей с последующим вычислением их рассогласования и формирования корректирующего сигнала $U_{кор.в.}$. Структурная схема блока определения разности магнитных потоков и формирования корректирующего сигнала $U_{кор.в.}$ представлена на рисунке 4.

В представленных структурных схемах все звенья являются типовыми, которые присутствуют во многих стандартных пакетах программ имитационного моделирования. В частности, приведенные модели могут быть успешно реализованы в среде Matlab-Simulink.

Имитационное моделирование позволит уточнить структуру используемых регуляторов и провести параметрическую оптимизацию системы.

Таким образом, предложенные технические решения могут быть положены в качестве основы при усовершенствовании многодвигательных электроприводов действующего парка одноковшовых экскаваторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вуль Ю.Я., Ключев В.И., Седаков Л.В. Наладка электроприводов экскаваторов. 2-е изд., перераб. доп. М.: Недра, 1975. 312 с.
2. Ключев В.И., Миронов Л.М., Резников А.М., Фомин А. Разработки и исследования экскаваторных электроприводов // Электротехника. 2000. № 2. С. 20-25.

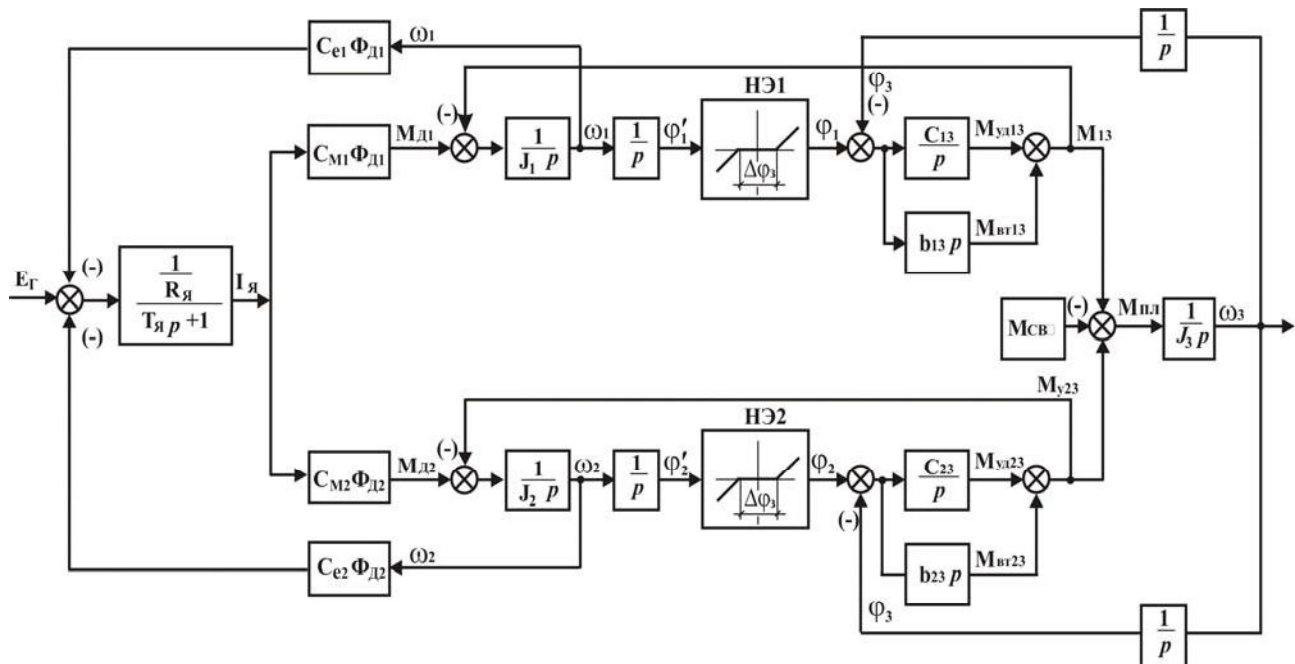


Рисунок 3 – Структурная схема двухдвигательного электропривода механизма поворота экскаватора

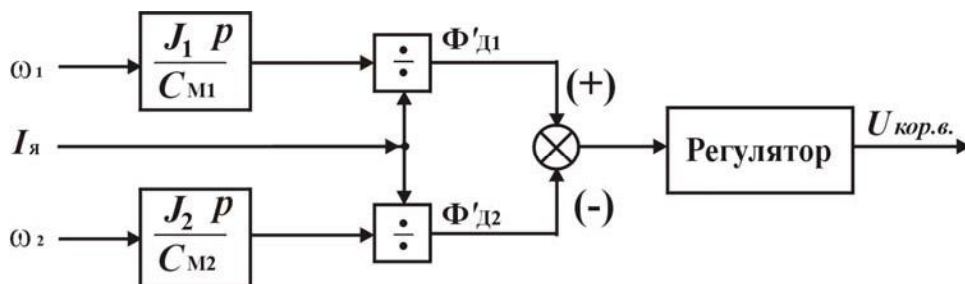


Рисунок 4 – Структурная схема блока определения разности магнитных потоков в двухдвигательном электроприводе экскаватора

3. Брейдо И.В., Лисицын Д.В. Влияние неидентичности характеристик электродвигателей на динамические процессы в многодвигательных электроприводах одноковшовых экскаваторов // Межвузовский сб. науч. тр. «Электротехнические системы и комплексы»; Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. Вып. 5. Магнитогорск, 2000. С. 176-182.
4. Рогов В.А., Чудаков А.Д. Средства автоматизации производственных систем машиностроения. М., 2005. 350 с.

Лисицын Д.В., Костров О.О. Бір шөмішті экскаваторлардың әрекеттегі паркінің көп қозғалтқышты электр жетектерін түрлендіру туралы.

Жұмыста бір шөмішті экскаваторлардың көп қозғалтқышты электр жетектерінде жүктеулерді теңестіруде қолданылатын тәсілдерді қысқаша шолу және талдау жүргізілді. Экскаваторлардың әрекеттегі паркінің көп қозғалтқышты электр жетектері жұмыстарының режимдерін жақсарту жөнінде негізгі бағыттары анықталды. Көп қозғалтқышты электр жетектерінде жүктеуді теңестіру мәселелерін шешудің альтернативалы нұсқалары ұсынылды. Электр қозғалтқыштардың зәкірлік тізбектерінің жылдамдықтары мен тогын өлшеу негізінде магниттік ағындар айырмасын анықтау блогының құрылымдық сұлбасын жасау. Интегралданған өлшегіш күшейткіші бар бұрау моментінің түйіспесіз датчиктерін қолдану жолдары ұсынылады. Ұқсас датчиктердің көмегімен электр магниттік моменттердің үйлесімсіздік сигналын қалыптастыруға болады. Үйлесімсіздік магниттік ағындарды теңестіру үшін түзету әрекеттерін қалыптастыру кезінде пайдаланылады.

Lisitsyn D.V., Kostrov O.O. On Modernizing Multi-Engine Electric Drives of Single-Bucket Working Fleet.

There has been carried out a short review and analysis of the existing methods of loads aligning in multi-engine

electric drives of single-bucket excavators. There have been determined the main trends to improve multi-engine electric drive working modes at a working fleet of excavators. There have been suggested alternate variants of solving the problem of loads aligning in multi-engine drives, developed a structural scheme of determining magnetic flows differences based on measuring anchor chains rates and current. There are suggested variants of using non-contact gauges of torsion torque with an integrated measuring amplifier. There is possible forming a signal of electromagnetic moments mismatching with the help of such gauges. The mismatch is used in forming a correcting effect for magnetic flows aligning.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лисицын Дмитрий Владимирович, старший преподаватель кафедры АПП КарГТУ. В 1998 г. окончил Карагандинский государственный технический университет по специальности «Электропривод и автоматизация технологических комплексов» с квалификацией «инженер-электрик». В 2001 г. окончил очную аспирантуру КарГТУ по специальности «Электротехнические комплексы и системы, включая их управление и регулирование». С 2004 г. – на преподавательской работе в КарГТУ.

Научные интересы – математическое моделирование электромеханических систем, исследование электромеханических процессов в многомассовых системах, автоматизация производственных процессов. Автор 30 научных и методических трудов.

Костров Олег Олегович, студент КарГТУ гр. АУV-08-3.

Научные интересы – математическое моделирование и автоматизация производственных процессов.