

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМА ЭКСКАВАТОРА ЭШ 20.90

Проанализирована информация по отказам механического оборудования экскаваторов ЭШ 20.90. Разработана модель электропривода подъема экскаватора. Разработан способ управления приводом подъема экскаватора, который позволяет значительно снизить нагрузки в элементах трансмиссии. Проведено моделирование различных режимов работы привода. Исследовано поведение системы управления электропривода подъема экскаватора ЭШ 20.90 с регулированием магнитного потока двигателей. Приведена структурная схема модели электропривода подъема экскаватора, реализованная в среде MatLab. Доказана эффективность применения предлагаемой системы управления с целью снижения динамических нагрузок в условиях низких температур.

Ключевые слова: моделирование, электропривод, система управления, экскаватор; снижение динамических нагрузок.

A.V. Sorokin

MODELING ELECTRIC DRIVE OF HOISTING THE EXCAVATOR ЭШ 20.90

The information on failures of mechanical equipment of excavators is analyzed ЭШ 20.90. A model of an electric drive of hoisting the excavator is developed. A method for controlling the drive of the excavator lifting is developed, which allows to significantly reduce the loads in the transmission elements. Modeling various operating modes of the drive is carried out. Carried out study of control system electric drive traction ЭШ 20.90 with the regulation of the magnetic flux of the motor. The block diagram of the electric drive model of the excavator lifting implemented in the MatLab environment is given. The effectiveness of the application of the proposed control system to reduce dynamic loads is proved.

Keywords: simulation, electric drive, control system, excavator, reduction of dynamic loads.

Анализ информации по отказам механического оборудования экскаваторов ЭШ 20.90 на разрезе «Черемховуголь» ООО «Компания «ВостСибУголь» за период 2000 по 2010 г. показал, что большая часть выходов из строя связана с отказами тяговых и подъемных механизмов [1]. Статистическое исследование количества поломок свидетельствует об их возрастании при увеличении срока эксплуатации горного оборудования.

Динамика частоты отказов редукторов тяги и подъема с увеличением срока службы экскаваторов свидетельствует о постепенном исчерпании ресурса узлов редуктора [1]. Поэтому нередки случаи, когда после планового ремонта происходили повторные отказы редуктора тяги или подъема.

Рабочие и аварийные режимы работы редукторов оказывают влияние на скорость износа их узлов. Статические и динамические нагрузки, возникающие

в механизме тяги при заполнении ковша, связанные со стопорением механизма, интенсивно изнашивают детали редуктора. Поэтому частота отказов редуктора тяги превышает этот показатель по редуктору подъема в 1,3–1,9 раза.

Основной поток отказов вызван понижением температуры окружающего воздуха, при котором изменяются физико-механические свойства сталей: увеличивается предел текучести с одновременным ухудшением пластических свойств, уменьшается величина ударной вязкости сталей, т. е. повышается вероятность хрупких разрушений вследствие появления динамических нагрузок [2]. Для деталей с концентраторами напряжений, представляющими собой трещины, шероховатости, наличие пор в металле, понижение температуры ограничивает их способность противостоять динамическим нагрузкам.

Вторая выявленная группа отказов связана с исчерпанием ресурса деталей редуктора в связи с более частыми динамическими нагрузками, появляющимися в результате разработки плохо разрыхленной породы и смерзшейся горной массы [2].

Высокий уровень отказов редукторов главных приводов, вызывающих проведение неплановых ремонтов, в 3–5 раз более длителен и трудоемок по сравнению с плановыми ремонтами. Кроме того, анализ работы и динамики частоты отказов экскаваторов показал, что для повышения их надежности необходимо снижать уровень нагрузки в зимние месяцы года.

Динамические нагрузки, возникающие в редукторе тяги, подъема и на рабочем органе, в режимах стопорения, в 1,5–2 раза превышают статические и интенсивно снижают ресурс деталей редуктора. В связи с этим разработка системы управления динамическими нагрузками для электроприводов шагающего экскаватора ЭШ 20.90 является актуальной задачей.

Электропривод главных механизмов выполнен по системе генератор – двигатель (Г-Д) с тиристорными возбудителями. В приводах подъема и тяги к генератору подключены два последовательно соединенных двигателя. В обоих приводах используется генератор типа ГПЭ-2500 и двигатель типа МПЭ-1000.

Исследования выполненные в работе [3] показывают, что в приводах экскаватора необходимо контролировать нагрузки на двигателе, в редукторе и рабочем органе. Разработан способ управления приводом тяги экскаватора, который позволяет значительно снизить нагрузки в элементах трансмиссии. Способ предусматривает управление моментом двигателя в функции скорости с ограничением мощности двигателя, что достигается регулированием магнитного поля приводного двигателя и установкой дополнительного контура усиления, формирующего задающий сигнал на преобразователь, питающий обмотку возбуждения генератора. В данной работе выполнялась проверка применения предложенного способа к приводу подъема экскаватора.

Механические характеристики электропривода традиционной (1) и предлагаемой (2) системе управления представлены на рис. 1.

Поведение механической подсистемы привода подъема экскаватора определяется внешними воздействиями, к которым относятся возмущающие воздействия в виде моментов и сил сопротивления, управляющие воздействия в виде электромагнитных моментов двигателей, и внутренним состоянием системы,

определяющееся угловыми скоростями, положениями и упругими моментами ее элементов. Анализ показал, что с некоторой долей упрощения можно воспользоваться двухмассовым представлением процессов протекающих в механической части привода подъема.

При моделировании системы, было принято решение не учитывать коэффициенты вязкого и внутреннего трения, так как они не оказывают существенного влияния на динамику системы. Коэффициент жесткости между первой и второй массой определяется жесткостью каната. Проведенные ранее исследования [1], позволяющие из реально снятых осциллограмм переходных процессов, возникающих в электроприводе подъема и тяги определить, что возникающие упругие колебания в механической части привода подъема составляют 0,6 герц. Это дает возможность, используя рассчитанные моменты инерции масс и частоты упругих колебаний, определить жесткость канатов для привода подъема.

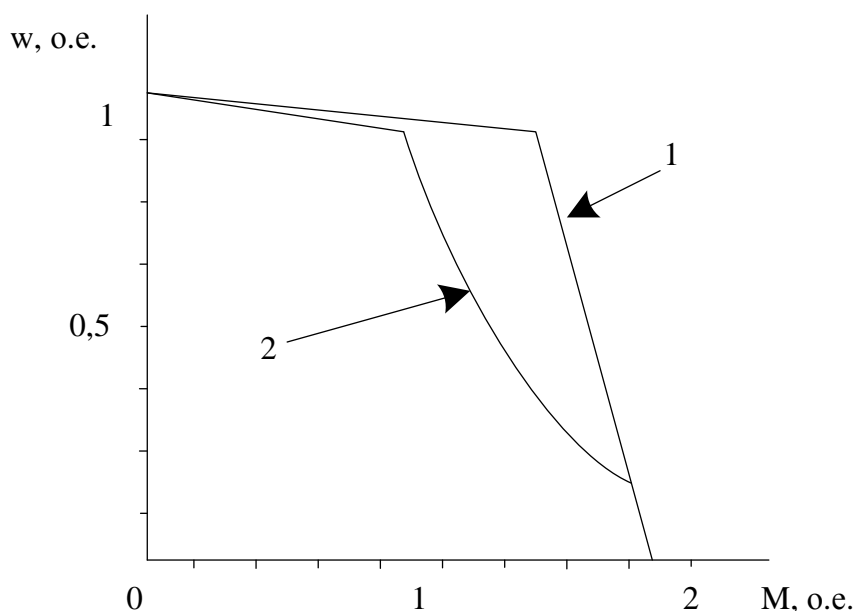


Рис. 1. Механические характеристики электропривода тяги шагающего экскаватора

На рис. 2 и 3 представлен переходной процесс упругого момента привода подъема в режиме наброса нагрузки при установившейся скорости. Кривая 1 характеризует процессы, протекающие в приводе подъема с номинальным магнитным потоком, кривая 2 — с магнитным потоком, равным 75 % от номинального, кривая 3 — с магнитным потоком, равным 50 % от номинального.

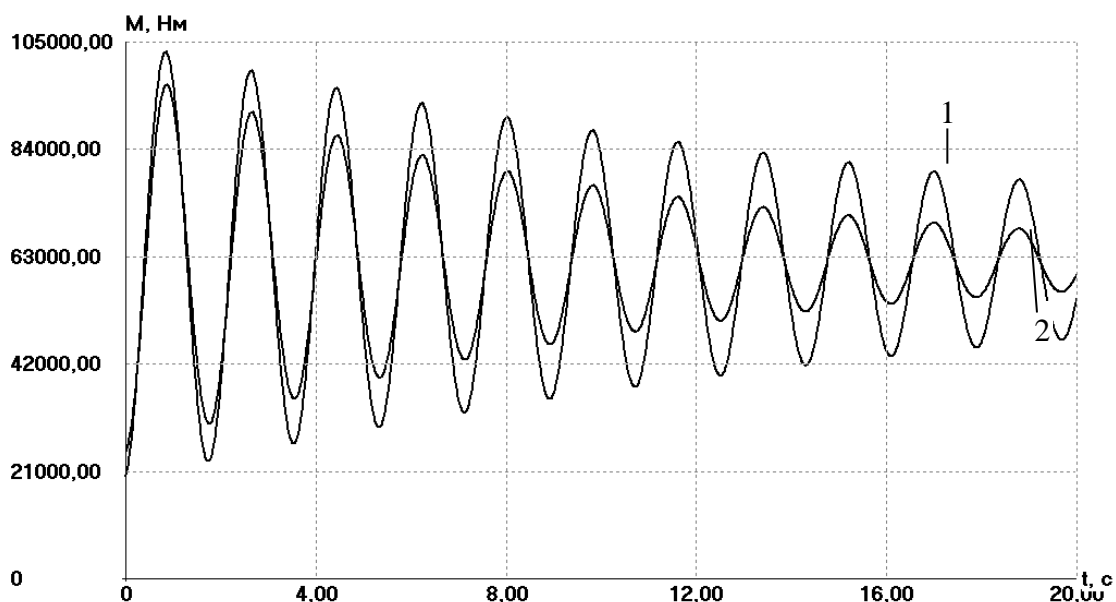


Рис. 2. Переходной процесс момента упругого привода подъема в режиме наброса нагрузки при установившейся скорости, с магнитным потоком двигателей, равным 75 % от номинального

Как видно из рисунка, динамические нагрузки в кинематической схеме привода подъема существенно снижаются при ослаблении поля двигателя.

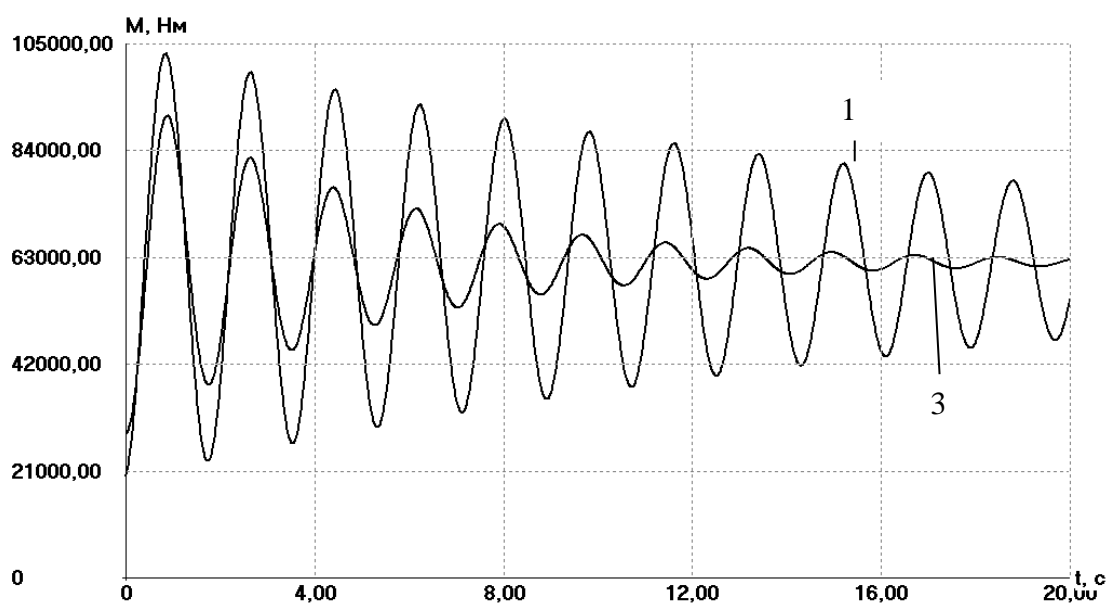


Рис. 3. Переходной процесс момента упругого привода подъема в режиме наброса нагрузки при установившейся скорости, с магнитным потоком двигателей, равным 50 % от номинального

На рис. 4 показана структурная схема модели электропривода подъема экскаватора ЭШ 20.90 реализованная в среде MatLab.

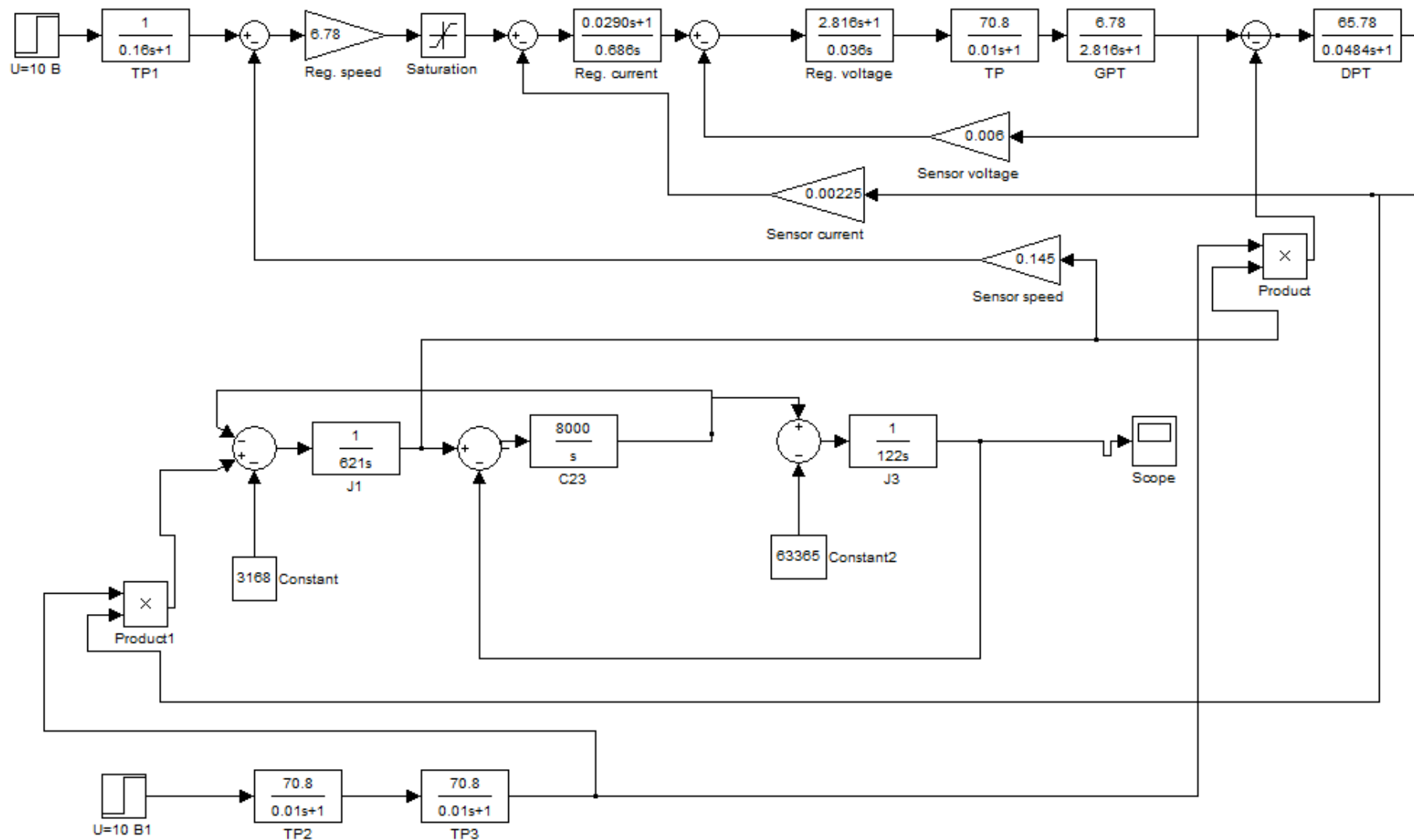


Рис. 4. Структурная схема модели электропривода подъема экскаватора ЭШ 20.90

Было проведено моделирование динамических характеристик двигателя, редуктора и рабочего органа экскаватора в различных режимах: разгоне при холостом ходе и под нагрузкой, набросе нагрузки при выборке слабины каната, стопорении рабочего органа при различных скоростях двигателя.

Результаты моделирования получены для традиционной и предлагаемой систем управления электроприводом подъема экскаватора ЭШ 20.90. Полученные результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

– значение интегральной мощности на элементах привода в предлагаемой системе управления экскаватора значительно снижается (на двигателе и валу шестерне редуктора более чем в половину);

– предлагаемая система управления обеспечивает снижение динамических нагрузок в трансмиссии и на ковше экскаватора при различных режимах работы механизма, сокращает интенсивность и длительность воздействия нагрузки на элементы кинематики;

– увеличение межремонтных сроков и снижение времени аварийных простоев, связанных с отказами оборудования должно компенсировать падение мгновенной производительности экскаватора.

Данная система управления электроприводом подъема экскаватора ЭШ 20.90 должна использоваться в условиях низких температур, когда повышается вероятность хрупких разрушений вследствие появления динамических нагрузок в механической части привода подъема.

Список использованной литературы

1. Иов И. А. Снижение уровня динамических нагрузок в элементах редуктора привода тяги экскаваторов-драглайнов / И. А. Иов, А. В. Сорокин, А. С. Леоненко // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 8. – С. 22–26.

2. Кох П. И. Надежность горных машин при низких температурах / П. И. Кох. – М. : Недра, 1972. – 192 с.

3. Сорокин А. В. Исследование системы управления электроприводом тяги экскаватора ЭШ 20.90 при работе в тяжелых горнотехнических условиях / А. В. Сорокин, И. А. Иов, А. С. Леоненко // Вестник ИрГТУ. – 2015. – № 7. – С. 91–96.

Информация об авторе

Сорокин Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент, кафедры информатики и кибернетики, Байкальский государственный университет, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, e-mail: sorokinav@bgu.ru.

Author

Sorokin Alexander Vasilyevich – PhD in Technical, Associate Professor, Department of Informatics and Cybernetics, Baikal State University, 11 Lenin St., 664003, Irkutsk, e-mail: sorokinav@bgu.ru.