

УДК 62-523

Гуменюк М.А., Баранов С.А., Школьный А.А. студенти, керівник Торопов А.В.
НТУУ «КПІ», г.Київ, Україна

Математическая модель электропривода механизма напора одноковшового экскаватора

В работе синтезирована математическая модель системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель», которая реализует экскаваторную характеристику, а также определены соответствия параметров математической модели с реально существующим приводом.

Эксплуатация машин и комплексов горной промышленности связана с повышенным риском их повреждения. Это, в первую очередь, связано с тем, что нагрузка на валу двигателей главных механизмов изменяется в широких пределах и имеют место систематические перегрузки, вплоть до стопорения электроприводов. При этом возникает необходимость использования систем электропривода, обеспечивающих ограничение момента двигателя при механических перегрузках, то есть имеющих специальную механическую характеристику экскаваторного типа. Для получения такой характеристики на практике применяются система «генератор-двигатель» и система «тиристорный преобразователь – двигатель». Недостатками первой является низкий коэффициент полезного действия, недостатками второй – большие массогабаритные показатели и необходимость частого обслуживания.

В настоящее время в Западной Европе в одноковшовых экскаваторах существует тенденция перехода от приводов постоянного тока к приводам переменного тока. Последние, построенные по схеме «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД), перспективны, благодаря невысокой стоимости, отсутствию щеточно-коллекторного узла, надёжности, возможности эксплуатации во взрывоопасных средах. Единственным недостатком таких систем до последнего времени была невозможность непосредственного регулирования момента асинхронного электродвигателя. Поэтому, ранее такие системы не применялись в горных машинах, в которых необходима реализация экскаваторной характеристики. Появление на современном рынке преобразователей частоты с прямым управлением моментом (direct torque control), реализующих алгоритм векторного управления, то есть раздельного управления током статора и потокосцеплением ротора позволило использовать ПЧ-АД и в главных механизмах экскаваторов.

К сожалению, современные производители преобразователей частоты большой мощности с векторным управлением в пользовательской документации не указывают алгоритмов и принципов работы системы векторного управления. Пользователю предоставляется доступ лишь к определенным параметрам, которые были даны производителем оборудования для настройки преобразователя частоты. При этом основной функционал системы остается закрытым и настройка ПЧ конкретного производителя может осуществляться уже непосредственно на реальном объекте, и, даже в этом случае, потребитель не знает, какие процессы происходят в преобразователе частоты.

Актуальность задачи. В данной работе актуальной является задача разработки математической модели системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель», которая реализует экскаваторную характеристику, а также определение соответствия параметров математической модели с реально существующим приводом.

Синтезированная модель в интерактивной программе для моделирования, имитации и

анализа Simulink, имеет те же параметры и каналы регулирования скорости и момента, что и у электромеханической системы с преобразователем частоты 9300 Vector производителя Lenze (Германия). В данном преобразователе пользователь может вводить ограниченный набор параметров, но не может анализировать процесс работы самой структуры. При наличии соответствия с реальным приводом имеется возможность определения поведения электропривода в различных режимах работы как с точки зрения изменения нагрузки на преобразователь, так и с точки зрения настройки параметров регуляторов замкнутой системы управления. Так, в случае возникновения переходных процессов колебательного характера во время эксплуатации оборудования, инженеры по эксплуатации горнодобывающего оборудования могут на математической модели проанализировать причины их возникновения и устранить их в модели, а затем и в реальном объекте. При этом отпадает необходимость подстройки параметров системы на реальном экскаваторе путем их подбора, что зачастую происходит на производстве. Преимуществом данного подхода является то, что при этом инженер по эксплуатации не должен вникать в особенности моделирования Simulink, а лишь изменяя значения входных сигналов, определяющих работу преобразователя, может наблюдать по графикам переходных процессов поведение системы в целом. Выбор преобразователя частоты серии 9300 Vector Lenze обусловлен широким существующим диапазоном мощностей от 0,37кВт до 400кВт. В свою очередь для механизмов напора одноковшовых экскаваторных машин используются привода на 150-300кВт, то есть могут применяться с вышеуказанным преобразователем. Это дает возможность отказаться также от высоковольтных преобразователей частоты на напряжения 3кВ и 6кВ, а также систем асинхронно-вентильных каскадов, также находящихся применение в современных экскаваторах.

При работе в режиме регулирования момента система управления преобразователем частоты 9300 Vector построена по принципу подчиненного регулирования с внутренним контуром регулирования тока с отсечкой и внешним контуром регулирования скорости. Общий вид блок-схемы имеет вид, представленный на рис.1. Классическая система управления электроприводом, обеспечивающая формирование экскаваторной характеристики, включает звено формирования «отсечки» по току, обеспечивающей резкое изменение жесткости механической характеристики. В блок схеме 9300 Vector при управлении моментом такое звено в явном виде отсутствует.

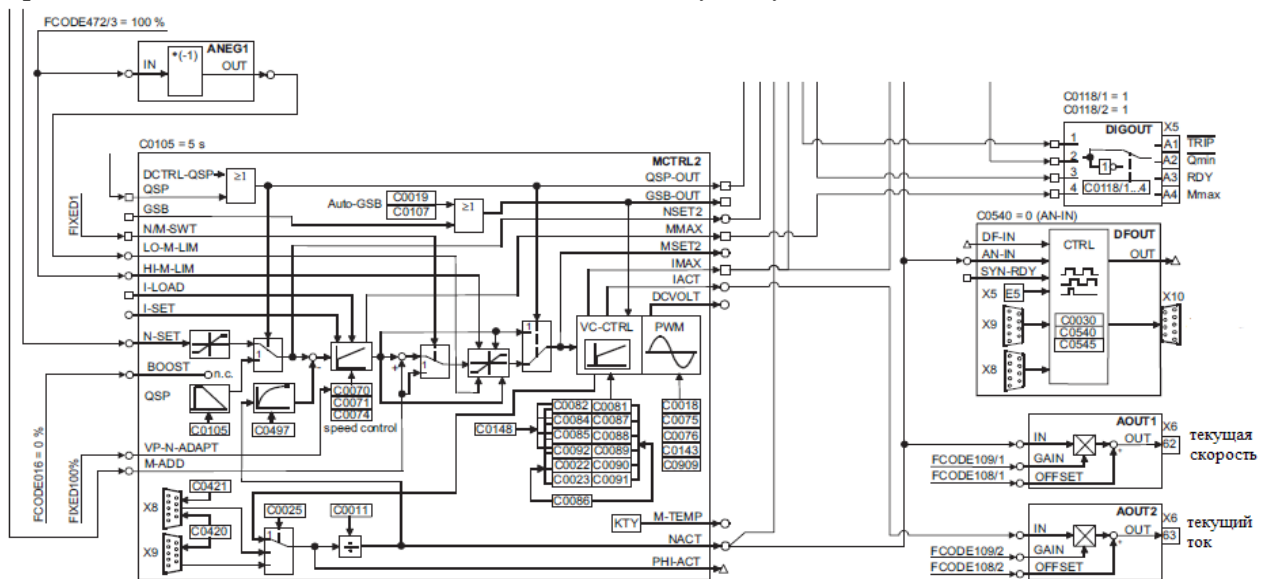


Рисунок 1 – блок-схема преобразователя частоты Lenze 9300 Vector в режиме прямого

управления моментом.

При этом качество переходных процессов в системе при работе на участке жесткой характеристики определяется параметрами C0070 (коэффициент усиления регулятора скорости) и C0071 (постоянная интегрирования регулятора скорости). Точку перехода из режима регулирования скорости в режим регулирования момента определяет составляющая M-ADD, то есть фактическое задание момента электропривода, получаемое из переменной FCODE426/2 блока AIN2. Динамические характеристики системы в этом случае уже определяются параметрами регулятора тока, то есть параметрами C0075 (коэффициент усиления регулятора тока) и C0076 (постоянная интегрирования регулятора тока). Общий вид механической характеристики одноковшового экскаватора имеет вид, изображенный на рис.2. Очевидно, что участок 1 соответствует работе в режиме с разомкнутым контуром регулирования тока, а участок 2 – работе при двухконтурной системе управления.

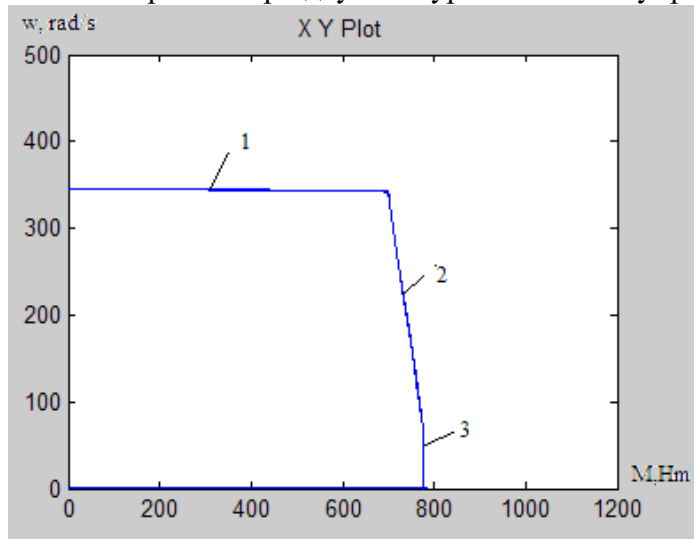


Рисунок 2 – Механическая характеристика одноковшового экскаватора.

Формирование абсолютно мягкой характеристики (участок 3) осуществляется при критическом значении момента стопорения и обуславливается параметром ограничения значения на выходе регулятора скорости, то есть параметром C0074.

Среди дополнительных параметров настройки преобразователя следует отметить параметры ограничения задающего значения тока, определяемом параметром FCODE472/3, ограничения на выходе регулятора тока C0909.

При этом сама математическая модель электропривода, построенного по схеме ПЧ-АД, с учетом вышеуказанных параметров преобразователя частоты 9300 Vector имеет вид, изображенный на рис.3.

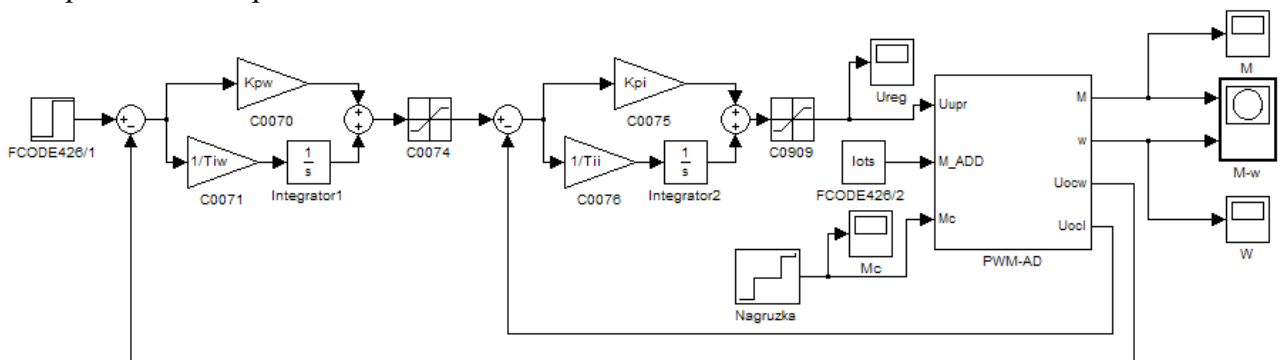


Рисунок 3 – Математическая модель электропривода системы ПЧ-АД.

Выводы: Таким образом, при использовании полученной математической модели возникает возможность изменения параметров системы, соответствующей реальному электроприводу, для анализа статических и динамических характеристик объекта, а также настройки регуляторов тока и скорости, определяющих динамические характеристики экскаватора при работе. Дальнейшее совершенствование предложенного подхода к разработке моделей, соответствующих реально существующим преобразователям частоты возможно за счет включения в исследуемую модель контура регулирования потокосцепления ротора, а также «наблюдателя» потокосцепления.

Литература:

1. Современное состояние и тенденции развития электроприводов горных машин для открытых разработок [Электронный ресурс]/ к.т.н. В.И. Остриров, д.т.н. Н. Микитченко – Электрон. дан. - М.: Макси Экскаватор.ру, 200[?]. – Режим доступа: <http://maxi-exkavator.ru/articles/different/~id=623> , свободный. – Загл. с экрана. Яз.рус.
2. 9300 vector frequency inverters [Электронный ресурс]/ Vector controlled variable speed drives – Электрон. дан. - 200[?]. – Режим доступа: http://www.lenze.com/lenze.com_en_active/020_Products/030_Frequency_inverter/010_Frequenzumrichter/020_9300_vector/9300_vector.com.jsp?cid=0b0164e08009091d , свободный. – Загл. с экрана. Яз.англ.