

## СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА САМОСВАЛОВ И ЭКСКАВАТОРОВ

Таранов С. И.

Научный руководитель доктор тех.наук, профессор Козырук А. Е.  
ФГАОУ ВПО Санкт-Петербургский Горный Университет

В современных условиях на горных предприятиях, для добычи и транспортировки горной массы, применяются экскаваторы и самосвалы, имеющие привода, как старого типа с применением двигателей постоянного тока, так и современные приводы с применением асинхронных двигателей. Последние приводы появились на нашем рынке сравнительно недавно и используются при изготовлении большегрузных самосвалов и экскаваторов, с мощностью электродвигателей до 800-1000 кВт. Возможным это стало благодаря развитию и применению в системах управления приводом переменного тока полностью управляемых IGBT-транзисторов и IGCT-тиристоров. Данная модель привода содержит в своем составе активный выпрямитель и двухуровневый автономный инвертор напряжения. Применение активного выпрямителя в данных схемах обусловлено его возможностью обеспечения значение входного коэффициента мощности близкого к единице, меньший (по сравнению с диодным многопульсным выпрямителем), коэффициент гармоник по току (что является немаловажным для самосвала и для экскаватора), а также возможность работы во всех четырех квадратах механической характеристики с автоматической рекуперацией энергии в питающую сеть (что весьма актуально для экскаватора). Схема управления активным выпрямителем построена по векторному принципу с ориентацией по вектору напряжения сети. Структурные схемы привода экскаватора и самосвала представлены на рис.1.

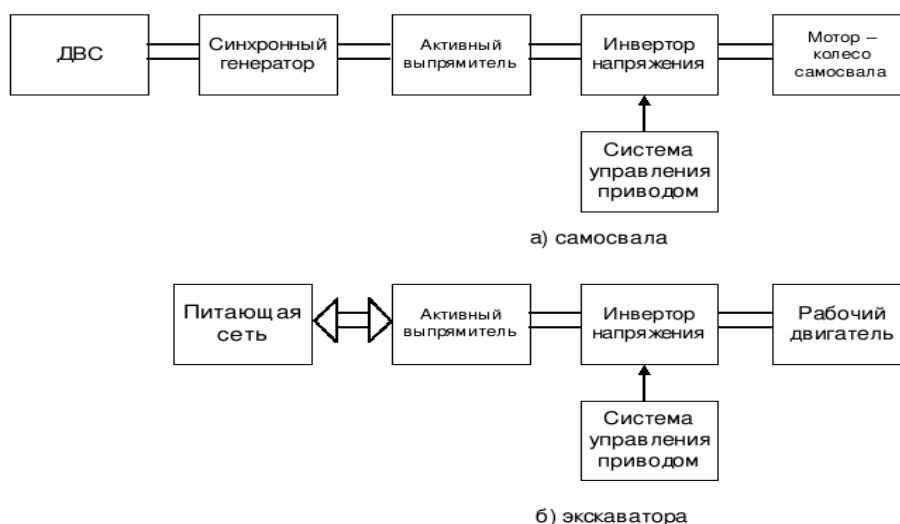


Рис. 1. Структурные схемы привода

В данной схеме управления может быть реализован один из способов формирования напряжения (PWM, SVPWM, DTC). Система формирования напряжения DTC (Direct Torque Control) выполнена по алгоритму прямого управления моментом, имеет более

простую процедуру настройки и содержит всего один ПИ-регулятор скорости. Способ формирования напряжения основан на табличном переключении ключей инвертора, при этом ключи переключаются только когда рассогласования по потокосцеплению или моменту достигли заданного значения.

Как видно из рис.1. структурные схемы отличаются способом получения питающей энергии, в остальном различия будут состоять лишь в частоте вращения вала двигателя. Следовательно, при приблизительно равной мощности двигателей, может быть затронут вопрос об унификации структуры привода (активный выпрямитель, инвертор, система управления приводом), при условии совпадения условий и режимов их работы. Эта задача стоит весьма актуально поскольку высокая степень унификации оборудования позволит сократить затраты на изготовление дорогостоящего оборудования зачастую являющегося уникальным, т.к. оно может применяться в конкретном приводе одной модели агрегата. Примером такого привода может служить привод хода экскаватора и тяговый привод самосвалов. Поскольку два этих привода будут иметь приблизительно одинаковые режимы работы (с различием лишь в частоте вращения вала) можно говорить об унификации оборудования привода.

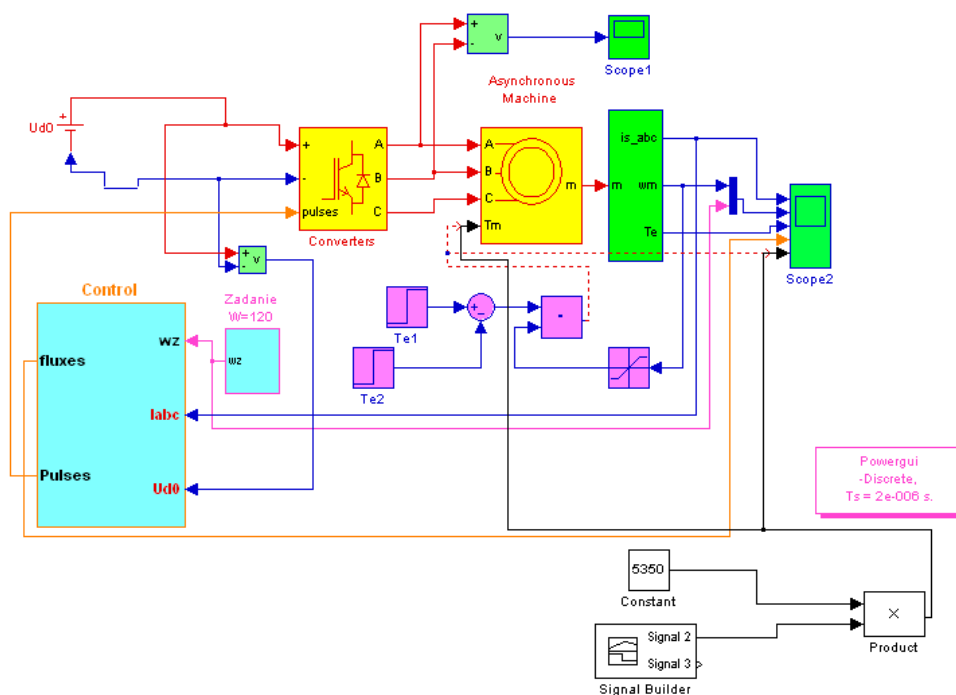


Рис.3 Модель привода DTC с асинхронным двигателем

Для проверки изложенной теории в среде Simulink была построена модель привода DTC (рис 3.) с двумя различными двигателями и одной системой управления. снимались характеристики их работы в номинальном режиме и с перегрузкой. Был смоделирован двигатель мощностью  $P_n=560$  кВт и номинальным моментом  $M_{ном}= 5350$  Нм (самосвал грузоподъемностью 220 тонн) и двигатель хода экскаватора ЭКГ-32Р мощностью  $P_n=420$  кВт и номинальным моментом  $M_{ном}=3885$  Нм. Т.к. наиболее тяжелый режим работы для этих двигателей является момент пуска под нагрузкой при движении на трассе с эквивалентным уклоном до 12%, моделировался именно такой режим. При помощи элемента Signal Builder среды Simulink задавался момент сопротивления равный превышению номинального момента на 30% с постепенным снижением нагрузки. Как видно из графиков система управления приводом справляется с нагрузкой первого и второго двигателей и одинаково успешно отрабатывает тяжелые режимы работы.

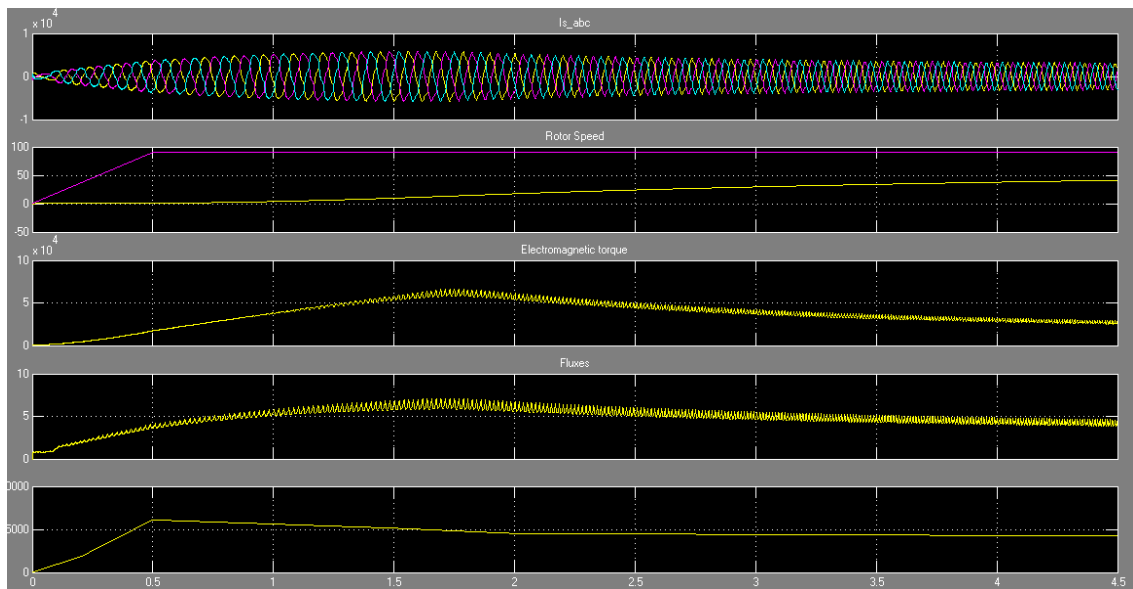


Рис.4 Диаграмма работы привода самосвала мощностью 560 кВт

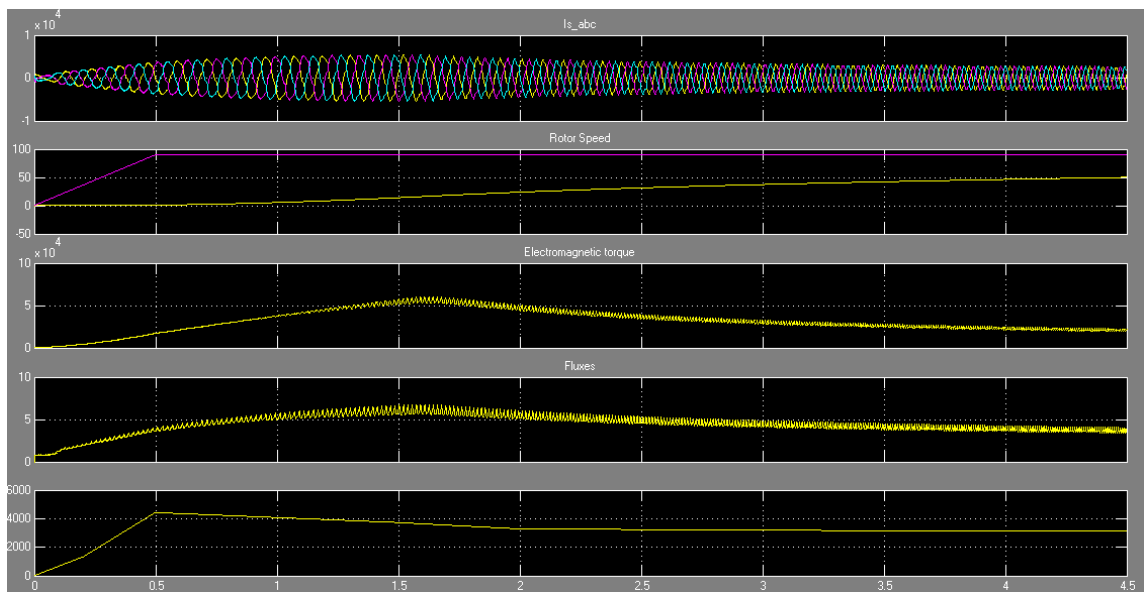


Рис.5 Диаграмма работы привода экскаватора мощностью 420 кВт

Для анализа брался рабочий промежуток равный примерно 7 секунд для самосвала и 6 секунд для экскаватора. Но поскольку наибольшие перегрузки двигатель и привод испытывают именно в режиме начала движения при полной загрузке, актуальным это будет и для установившегося режима. Графики работы (рис. 4 и рис. 5) в таком режиме имеют схожую структуру, что указывает на возможность применения одного типа системы управления двигателем (активный выпрямитель, инвертор, система управления приводом) на экскаваторе и самосвале.

Высокая степень унификации привода, в последствии, может позволить создание единой методики диагностики технического состояния и остаточного ресурса приводов самосвала и экскаватора. Тема оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования актуальна, потому как позволит спрогнозировать необходимость ремонта

агрегата, закупку необходимых запчастей, тем самым сократив время простоя горно – транспортного комплекса, а значит и экономические потери. Кроме того сократятся эксплуатационные затраты на ремонт и обслуживание данного оборудования, а так же затраты связанные с обучением обслуживающего персонала.

Выводы:

1. При создании новых типов оборудования самосвалов и экскаваторов с применением привода переменного тока, необходимо добиваться высокой степени унификации составных частей привода.
2. Высокая степень унификации позволит снизить стоимость оборудования на стадии проектирования и производства оборудования.
3. При высоком уровне унификации оборудования достигается снижение эксплуатационных и ремонтных затрат, поскольку привод является самым дорогостоящим элементом как самосвала так и экскаватора.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Е. Козярук, В.В. Рудаков. Прямое управление моментом в электроприводе переменного тока машин и механизмов горного производства. С-Пб, СПГИ(ТУ). 2008г., 100с.
2. В.В.Рудаков, И.М.Столяров, В.А. Дартау. Асинхронные приводы с векторным управлением. Л: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение 1987г.
3. Козярук А.Е, Структура и алгоритмы управления высокодинамичным электроприводом переменного тока. Труды международной пятнадцатой научно-технической конференции “Электроприводы переменного тока 2012”. Екатеринбург ФГАОУ ВПО “УрФУ”. Стр. 89-92.
4. Б.Э. Дробнин, А.Е. Козярук, А.П. Емельянов, А.О. Свириденко. Высокодинамичные энергоэффективные электроприводы горных машин. “Горно оборудование и электромеханика” №4 2011г. Стр. 34-39.
5. В.И.Галкин, Е.Е. Шешко, “Транспортные машины”. Москва, изд. Горная книга. 2010.