

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПЛАВНОГО ПУСКА ЛЕНТОЧНЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ

Полунин А.И., студ.; Лавшонок А.В., доц., к.т.н.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Применение систем плавного запуска ленточных конвейеров позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики конвейера, а именно снизить потребное натяжение ленты для исключения пробуксовки, что в конечном итоге позволяет повысить срок эксплуатации ленты. В настоящее время эксплуатируются различные системы плавного запуска как отечественного, так и зарубежного производства разных годов выпуска, которые отличаются принципом построения и характеристиками. К таким устройствам относятся аппараты АПМ, УКТВ и др.

Обзор применяемых в подземных выработках угольных шахт системы плавного пуска показал, что на практике они свои функции выполняют частично, а именно обеспечивают снижение аperiodической составляющей пусковых токов и незначительно уменьшают динамические нагрузки на транспортную машину при пуске. Указанные недостатки, связанные с неполным выполнением возложенных на системы плавного пуска функций связаны с функционированием их, как правило, без установки датчиков скорости, хотя такая возможность отдельными модификациями пусковых аппаратов предусмотрена. Применение разомкнутых систем управления связано с крайне тяжелыми условиями эксплуатации и как следствие низкой надежностью устанавливаемых на транспортную машину датчиков скорости, включая системы их крепления и подключения.

Альтернативой применению датчиков скорости является управление приводом в функции тока и напряжения с учетом математической модели двигателя. Однако такой подход практически не реализуем, поскольку к системам плавного пуска предъявляются требования взрывобезопасности и достаточно низкой стоимости, что наряду с другими особенностями функционирования подземной электрической сети, например связанными с работой аппаратов защиты от утечек тока, приводит к необходимости построения схемы на базе тиристорных регуляторов напряжения. При этом в схемах управления, как правило, отсутствуют измерительные трансформаторов напряжения.

Несмотря на указанные ограничения системы плавного пуска ленточных конвейеров на базе тиристорных регуляторов напряжения находят все более широкое распространение. При этом увеличение числа управляемых подобными системами транспортных машин вскрывает недостатки применения разомкнутых систем управления, что проявляется в завышенном значении ускорения в случае пуска незагруженного конвейера и фактическую задержку перед пуском загруженного конвейера с последующим плавным тяжелым запуском.

Вопросами пусковых режимов ленточных конвейеров занимаются отечественные и зарубежные ученые: проф. В.Г. Дмитриев, к.т.н. Е.Х. Завгородний, к.т.н. В.М. Кучерявенко, к.т.н. В.М. Назаренко и др. [1]. При этом в известных работах вопрос рационального алгоритма запуска шахтного ленточного конвейера без обратной связи по скорости не рассмотрен.

Для исследования процессов при функционировании системы регулятор напряжения - ленточный конвейер было выполнено моделирование пуска ленточного конвейера, оснащенного одним однодвигательным приводом с двигателем типа 2ЭДКОФ-250. Параметры схемы замещения на базе каталожных данных рассчитаны в соответствии с рекомендациями [2]. Моделирование активной и реактивной составляющей нагрузки выполнено с учетом рекомендаций [3]. Тиристорный регулятор напряжения заменен блок линейно изменяющегося синусоидального генератора. При этом напряжение питания изменяется от 50% до 100% от номинального за время 10с., что соответствует параметрам серийных устройств управления

плавным пуском. Замена тиристорного регулятора на блок линейно изменяющегося напряжения при углах отпирания менее 90эл.град. допустимо, как показано в [4]. Модель системы управления приведена на рисунке 1.

На приведенной упрощенной модели получены зависимости скорости и разных значений нагрузки, при этом рассматривался вариант преимущественно реактивного момента со-

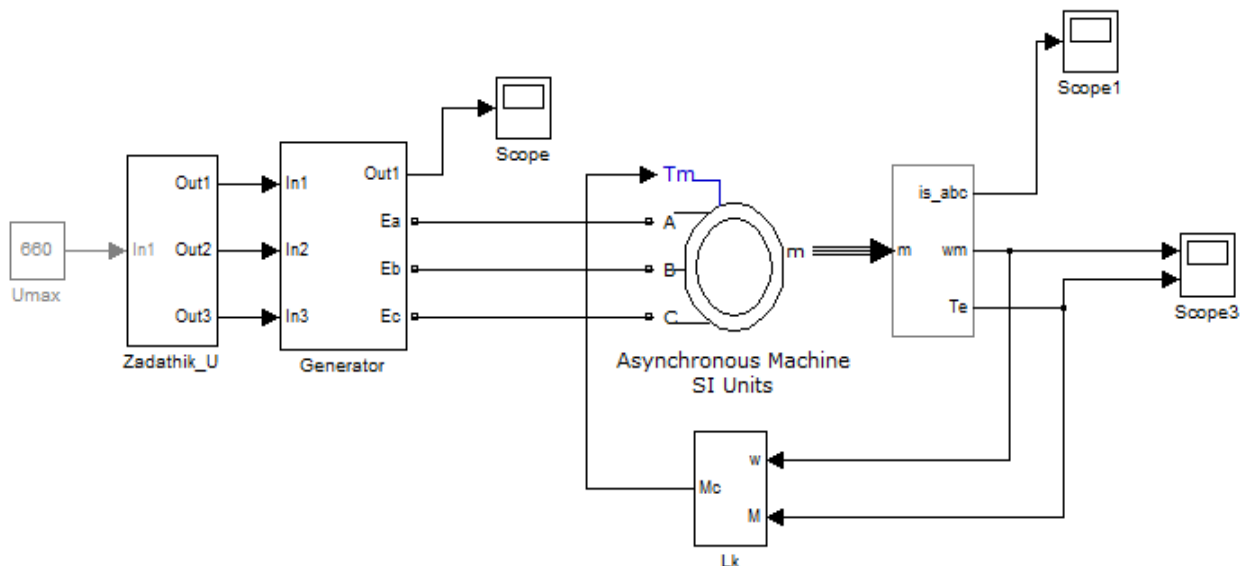


Рисунок 1 – Модель привода ленточного конвейера с системой плавного пуска

противления, что соответствует горизонтальному конвейеру. При моделировании изменения нагрузки сделано допущение, что приведенный момент инерции не изменяется, что в принципе влияет на динамику запуска, однако это влияние сказывается только после фактического запуска конвейера, а поскольку в данной работе исследуется процесс трогания конвейера, то изменением момента инерции системы можно пренебречь. Результаты моделирования пуска конвейера приведены на рисунке 2.

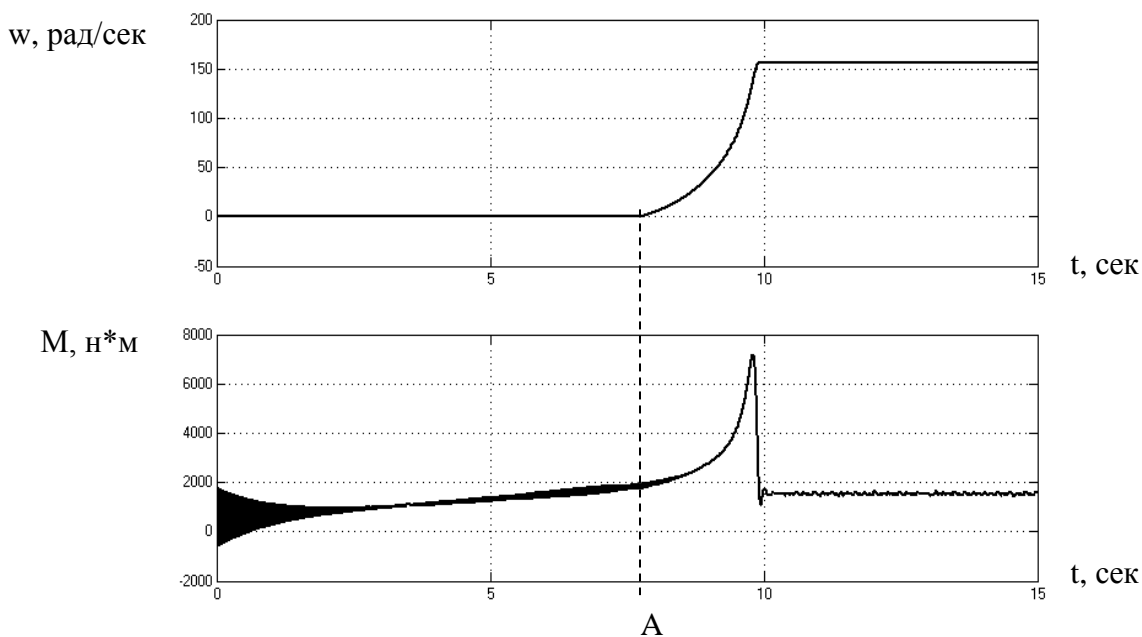


Рисунок 2 – Скорость и момент при пуске нагруженного конвейера

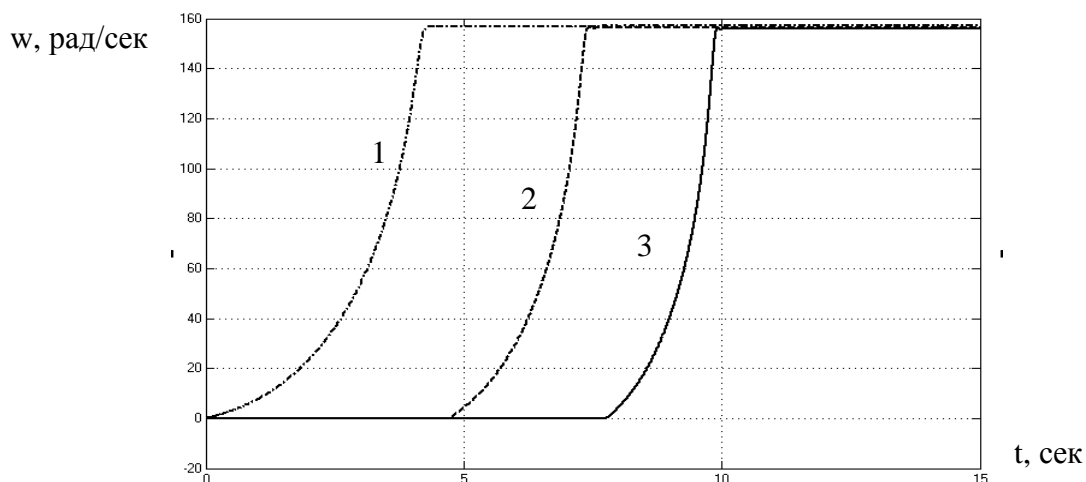


Рисунок 3 – Динамика разгона при различном уровне загрузки конвейера

На рисунке приведены значения скорости и вращающего момента при пуске загруженного ленточного конвейера, с применением регулятора напряжения с параметрами описанными выше. При этом видно, что до момента достижения вращающим моментом значения момента сопротивления остановленного конвейера скорость равна нулю, а далее начинается разгон конвейера. Следует отметить, что в таком режиме общее время пуска конвейера составляет 10 секунд, а в реальном конвейере несколько выше за счет учета изменения момента инерции. Но важно, что пуск начинается не сразу, а практически через 7.5 секунд после включения привода, при этом в приводе, включая систему пуска, протекают пусковые токи, хотя и несколько сниженные за счет уменьшения напряжения.

На рисунке 3, показаны диаграммы изменения скорости при пуске ленточного конвейера с различным уровнем загрузки. График 1 соответствует 1/3 от номинальной нагрузки, график 2 соответствует 2/3 от номинальной нагрузки, а график 3 соответствует пуску полностью загруженного конвейера с использованием системы плавного пуска с параметрами, описанными выше.

Таким образом, для формирования рационального закона управления пуском ленточного конвейера необходимо определить момент начала вращения двигателя и с учетом этого корректировать параметры алгоритма запуска конвейера.

Для определения момента начала вращения вала двигателя, при линейном увеличении питания, имеется возможность использовать устройство, контролирующее электрический угол сдвига между током и напряжением. Зависимость косинуса такого угла, между током фазы Ia и линейным напряжением Uab, при пуске конвейера показана на рисунке 4. Данные расчеты соответствуют уровню нагрузки 2/3 от номинального значения.

Из полученной зависимости видно, что при начале движения угол сдвига начинает меняться, что достаточно легко может быть зафиксировано устройством управления и учтено при реализации алгоритма управления тиристорным устройством плавного пуска.

Практическая реализация устройства была испытана на при модернизации системы плавного пуска ленточного конвейера УКТВ-2-250 ЗАО НПО «МЗША». При этом для реализации системы управления в классическую схему тиристорного регулятора напряжения не добавлялись никакие узлы для контроля напряжения. Для контроля угла сдвига между напряжением и током была использована микропроцессорная система управления, в алгоритм которой были добавлены дополнительные функции. Угол сдвига фазы контролировался путем контроля выдержки времени между синхроимпульсом микропроцессорной системы импульсно фазового управления тиристорного регулятора и моментом перехода через ноль спадающего сигнала датчика тока. При этом данные о угле сдвига микропроцессорная система фактически обновляла 6 раз за период.

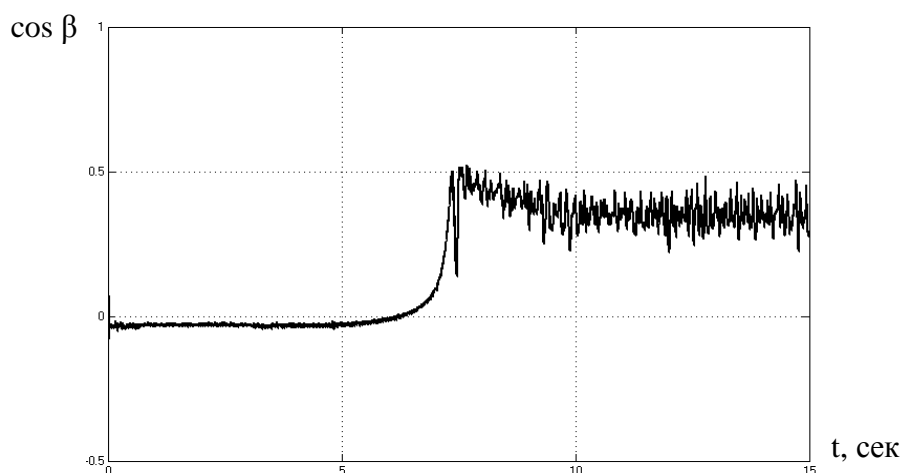


Рисунок 4 – Изменение косинуса угла β между током и линейным напряжением при пуске конвейера

При пуске привода с линейным нарастанием напряжения угол сдвига, который фиксировался устройством практически не изменялся до момента начала вращения вала. После начала вращения зафиксированные интервалы времени начинали изменяться, причем колебания фиксировались существенные, более 50% и их частота соответствовала частоте вращения вала двигателя, при этом среднее значение постепенно менялось, что соответствует полученным результатам модели на рисунке 4.

Полученные результаты моделирования позволяют разработать рациональный алгоритм управления тиристорной системой плавного пуска без обратной связи по скорости, работающей по следующему алгоритму:

1. Увеличение напряжения по линейному закону, но с большой скоростью вплоть до фиксации момента начала вращения вала, которое фиксируется по началу колебаний угла сдвига между сигналом с датчика тока и синхроимпульсом.
2. Резкое уменьшение скорости нарастания напряжения и выполнения плавного запуска за заданное время.

Кроме реализации описанного адаптивного алгоритма, разомкнутой по скорости системы управления появляется также возможность дополнительно осуществлять контроль некоторых вспомогательных параметров, таких как реальная нагрузка конвейера при пуске как функция напряжения трогания, реальной нагрузки конвейера в процессе движения как функция тока и коэффициента мощности, при допущении, что напряжение остается неизменным.

Перечень ссылок

1. Будишевский В.А., Сулима А.А. «Проектирование транспортных систем энергоемных производств» Донецк 2008. - 455 с.
2. Черных И.В. «Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink.» 1-е издание, 2007. -288 стр.
3. Шрейнерр. Т. Системы подчиненного регулирования электроприводов. [Текст] / Р.Т. Шрейнер. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. - 279 с
4. Обоснование параметров систем дистанционного управления шахтных низковольтных коммутационных аппаратов / А.В. Лавшонок, Е.А. Манакин, О.Г. Шило // Наукові праці Донецького національного технічного університету.- Донецьк : ДВНЗ "ДонНТУ", 2011.-С.105-112.- (Сер.Гірничо-електромеханічна ; Вип.21(189))