

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ КОНВЕЙЕРА

Л.Я. Теличко, А.С. Тарасов

Липецкий государственный технический университет

Рассматриваются вопросы по снижению динамических нагрузок в электромеханической системе конвейера при использовании корректирующего устройства в контуре регулирования скоростью асинхронного двигателя. Задача исследования системы управления и модели механической части транспортера решается с помощью имитационного моделирования в программном обеспечении Matlab 6.5 Simulink и приводятся результаты моделирования.

Существующая приводная станция механизма включает два асинхронных двигателя с фазным ротором мощностью 800 и 500 кВт. С целью снижения динамических нагрузок, для обеспечения плавного пуска двигателей, используется 18-ти ступенчатый реостат. Поэтому существующая схема управления является весьма сложной, ненадежной, и уже устаревшей как морально, так и физически. В рамках представленной работы предлагается использовать существующие двигатели (не исключая возможности замены на короткозамкнутые асинхронные двигатели) при закорачивании обмоток ротора и пуска их как короткозамкнутых при использовании системы частотно-векторного управления.

Решение задачи снижения динамических нагрузок и, соответственно, минимизации колебаний ленты, транспортируемой элементами конвейера с двухприводной станцией, заключается в формировании такого закона управления электроприводом, чтобы в установившемся режиме колебания были минимальными и, по возможности, ограничивались в переходном процессе. Исследования работ по проблематике многодвигательных электроприводов конвейера показали, что нагрузка двигателей в этом случае неравномерна. Так как один из двигателей несет основную нагрузку, а другой работает в режимах, близких к холостому ходу. В ре-

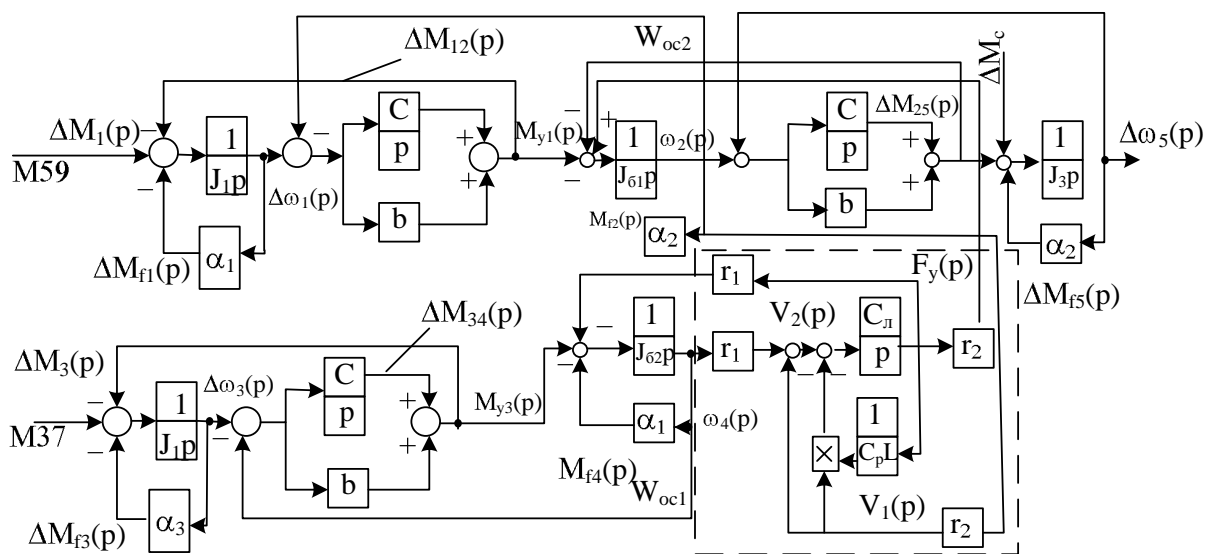


Рис.1. Структурная схема механической части электропривода конвейера

зультате неравномерного распределения нагрузок между двигателями происходит перегрев элементов электропровода и механическое перенапряжение на отдельных участках конвейерной линии. Это может привести к преждевременному износу и частым выходам из строя элементов системы электропривода и конвейера, снижению производительности и электрическим потерям.

В качестве объекта управления возьмем механическую часть ленточного конвейера, составленной на основании уравнений представленных в работе [1] и представленной в виде структурной схемы рис. 1.

Высокоэффективное, с точки зрения подавления упругих колебаний и получения максимального быстродействия, а также надёжное в эксплуатации корректирующее устройство можно конструировать на базе двух интеграторов и трёх операционных усилителей [1]. Для этой цели записываются уравнения движения привода с учётом вязкоупругой передачи (рис. 1, обозначенная пунктирными линиями) в операторном виде:

$$\begin{cases} sX(s) = A^*X(s) + B^*U(s); \\ Y(s) = C^*X(s), \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } A^* = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{T_2} & 0 \\ -\frac{1}{T_c} & -\frac{T_d T_\Sigma}{T_c T_1 T_2} & \frac{1}{T_c} \\ 0 & -\frac{1}{T_1} & 0 \end{bmatrix}; B^* = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{T_d}{T_c T_1} \\ \frac{1}{T_1} \end{bmatrix};$$

$$C^* T = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix};$$

Y - выходной сигнал объекта (т.е. ω_5); T_d - постоянная времени вязкого трения, обусловленная наличием резиновой ленты; T_1, T_2 - постоянные времени механизма ведущего барабана $-J_{b1}$ и механизма конвейера $-J_3$.

Решение (1) $Y(s) = C^* sE - A^* B^* U(s)$.

Вводя значения A^* , B^* и C^* , определяем передаточную функцию объекта:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{T_s} \frac{T'_s + T_s + 1}{T_s T'_s + T_s + 1}, \quad (2)$$

где $T'_1 = T_2 T_c^{1/2}$; $T'_2 = T_1 T_2 T_c / T_\Sigma^{1/2}$.

Так как корректор должен компенсировать влияние второго множителя (2), передаточная функция корректора должна иметь вид

$$W_k(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{T_3^2 s^2 + T_4 s + 1}{T_5^2 s^2 + T_6 s + 1}, \quad (3)$$

где $U_1(s)$ и $U_2(s)$ - соответственно входной и выходной сигналы корректора.

Из (3) вытекает следующее равенство:

$$U_2 P = \frac{1}{T_5 s} \left[\frac{U_1 s - U_2 s}{T_5 s} + \frac{T_4}{T_5} U_1 s - \frac{T_6}{T_5} U_2 s \right] + \left(\frac{T_3}{T_5} \right)^2 U_1 s. \quad (4)$$

Соответствующая уравнению (4) структурная схема корректора представлена на рис. 2, частотный анализ данной схемы дал возможность установить её оптимальные параметры:

$$T_3 = T_5 = T'_2; \quad T_4 = T_d; \quad T_6 = 0,05 T_d.$$

Полученное корректирующее устройство является последовательным и его необходимо включить на входе регулятора скорости ведущего двигателя.

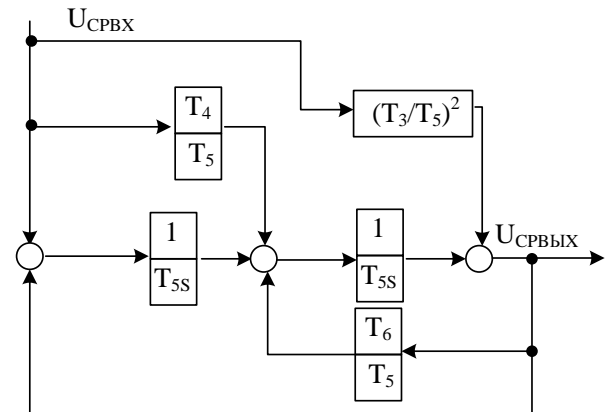


Рис. 2. Структурная схема последовательного корректирующего устройства

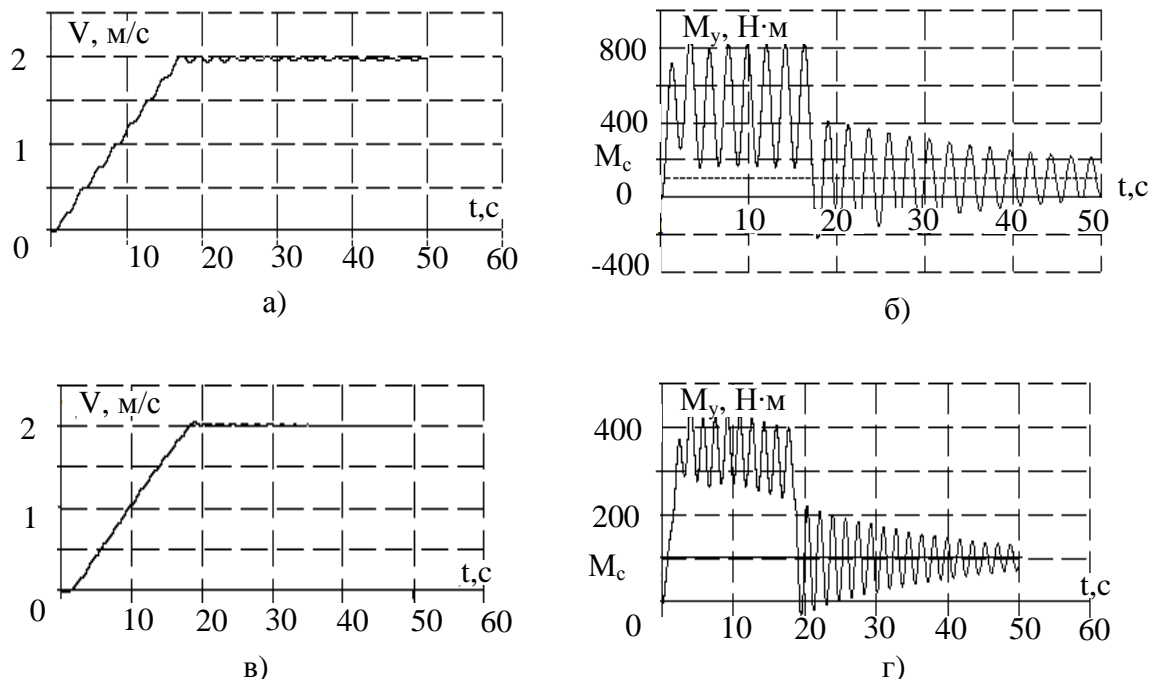


Рис. 3. Осциллограммы переходных процессов электромеханической системы ленточного конвейера

Задачу исследования можно решить моделированием в программном обеспечении Matlab 6.5 Simulink, позволяющим получить количественные и качественные характеристики для анализа взаимодействия отдельных элементов сложного механизма и системы управления.

Качественные результаты моделирования построены в виде осциллограмм переходных процессов для заданных начальных условий и представлены на рис. 3. Здесь приведены осциллограммы работы электропривода ленточного конвейера: (а) - переходной процесс по линейной скорости ленты без коррекции в системе управления; (б) – переходной процесс по упругому моменту обусловленной упругостью ленты; (в) - переходной процесс по линейной скорости ленты с коррекцией в системе управления; (г) – переходной процесс по упругому моменту после введения коррекции. Из экспериментально полученных характеристик при моделировании электромеханической системы ленточного конвейера видно, что колебания

ленты в системе двухдвигательного привода минимальны и снижены практически вдвое.

Распределение нагрузки и синхронизация скоростей двигателей приводной станции осуществляется следующим образом: определяется ошибки рассогласования $\Delta\omega$ двух двигателей и вносится коррекция по ошибке в требуемый контур регулирования, где имеется превышение скорости двигателя рис.4.

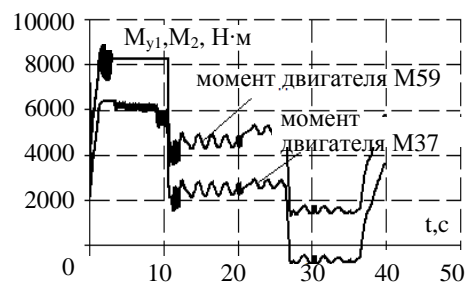


Рис. 4. Осциллограммы переходных процессов моментов двигателей

Проведенные исследования показывают возможность эффективной реализации снижения динамических нагрузок при применении корректирующего устройства, а также при соответствующей настройке взаимных обратных связей можно получить равномерную или другую заданную нагрузку двигателей в требуемом диапазоне регулирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борцов, Ю.А. Тиристорные системы электропривода с упругими связями [Текст] / Ю.А. Борцов, Г.Г. Соколовский – Л.: Энергия, 1979. – 160 с.

2. Дочвири, Д.Н. Оптимизация динамики тиристорного электропривода с упругим звеном по критериям Калмана [Текст]/ Д.Н. Дочвири// Электротехника. - 2004. - №5. – С. 6-13.

Сведения об авторах

Теличко Леонид Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры электропривода Липецкого государственного технического университета.

E-mail: kaf-ep@stu.lipetsk.ru

Тарасов Андрей Сергеевич, инженер ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат».

E-mail: kaf-ep@stu.lipetsk.ru

УДК 621.3.015.38

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВО ВХОДНОМ LC ФИЛЬТРЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ И АЛГОРИТМ ВЫБОРА ЕГО ПАРАМЕТРОВ

В.И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет

Исследованы зависимости напряжения во входном LC фильтре подвижного городского электрифицированного транспорта при различных режимах работы. Предложен алгоритм по выбору его параметров.

На городском электротранспорте, в котором используется тиристорное управление, необходима установка входного LC фильтра. При отсутствии ёмкости фильтра в контактной сети было бы невозможно прерывание тока с помощью тиристорных, так как индуктивность задерживает спадание тока и может вызывать недопустимые перенапряжения на зажимах преобразователя.

В процессе исследований рассматривают два характерных режима работы. Первый режим состоит в том, что тиристорный преобразователь открыт и через него от фильтра проходит ток I (рис. 1, а). Второй режим - тиристорный преобразователь закрыт. Из контактной сети потребляется ток для заряда ёмкости фильтра C (рис. 1, б). В расчётах принимается постоянным напряжение источника питания ($U_n = \text{const}$), не берутся во

внимание колебание тока в цепи нагрузки ($I = \text{const}$) и падение напряжения на активном сопротивлении индуктивности фильтра ($R_L = 0$). Учитывая принятые допущения согласно схемы замещения подвижного состава

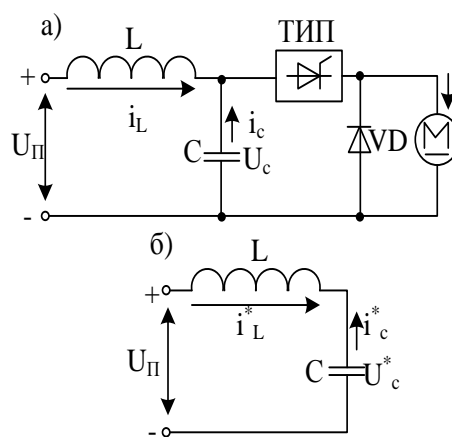


Рис. 1. Схема замещения подвижного состава