

**К СИНТЕЗУ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫМИ
ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ КОНВЕЙЕРОВ**

В настоящее время производительность ленточных конвейеров достигла 30000 т/ч при ширине ленты до 3 м, мощность приводов 12000 кВт, скорость движения ленты 7–8 м/с, а длина конвейера 10–12 км [1]. Указанные характеристики обуславливают необходимость использования многобарабанных приводов для снижения натяжения по контуру ленты, что, в свою очередь, требует применения системы управления многодвигательным электроприводом конвейера, обеспечивающей распределение и поддержание усилий между тяговыми барабанами, в том числе и в динамике, за счет соответствующего согласования скоростей тянущих барабанов. Задачу синтеза такой системы усложняют некоторые специфические особенности функционирования конвейеров, прежде всего – упругие свойства конвейерной ленты.

Скорость движения ленты из-за достаточно низкого коэффициента упругости имеет различные значения по контуру в зависимости от натяжения. Скорость ленты в точке набегания на первый приводной барабан, где ее натяжение максимально, больше, чем в точке сбегания с этого барабана, где ее натяжение меньше. Скорости набегания на первый и последующие тяговые барабаны неодинаковы, а, следовательно, и окружные скорости этих барабанов должны быть разными. Также различаются и скорости движения ленты на участках между барабанами, так как, упругая деформация ленты между точками набегания на барабаны возникает под действием двух сил – тягового усилия W_1 первого барабана и силы сопротивления W_{sp} на участке между барабанами.

Связь между скоростями набегающего на барабан участка v_1 и сбегającego v_2 устанавливается следующим соотношением [1]:

$$v_2 = v_1(1 - \varepsilon),$$

где $\varepsilon = W/E$ – деформация ленты; E – модуль упругости; W – сумма тягового усилия и силы сопротивления.

Для проработки общих подходов к синтезу структуры системы и алгоритмов управления многодвигательным электроприводом конвейера целесообразно рассматривать систему как набор упруго-диссипативных связей, взаимодействующих через приводные барабаны. Например, известно представление конвейерной ленты как набора из 4–5 элементов Фохта [2]. Модель Фохта представляет собой параллельное соединение упругого и вязкого элементов и описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\sigma(t) = E\varepsilon + \eta_v \frac{d\varepsilon}{dt},$$

где η_v – коэффициент вязкости ленты; σ – действующее в ленте напряжение.

Однако, реальные конвейерные ленты не обладают в чистом виде свойствами модели Фохта, что не позволяет адекватно воспроизвести эффект изменения скоростей отрезков ленты при прохождении участков с перепадами усилий. Например, разная скорость концов ленты при наличии между ними сил сопротивления в большей степени соответствует модели Максвелла:

$$\frac{d\sigma}{dt} = E \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E}{\eta_m} \sigma.$$

Приведенные особенности конвейерной ленты затрудняют достаточно точное воспроизведение скоростей при анализе процессов с целью решения задачи синтеза системы управления многодвигательным электроприводом конвейера. Кроме того, при представлении ленты ограниченным набором упругостей не удастся воспроизвести эффекты системы с распределенными по длине параметрами, например движение волны деформации. В то же время, при использовании в качестве среды моделирования распространенного пакета Matlab/Simulink возникают сложности с представлением в этом пакете звеньев с распределенными параметрами с описанием их в форме дифференциальных уравнений с частными производными.

Указанные выше обстоятельства предопределили разработку специального подхода к моделированию рассматриваемой системы. Подход основан на представлении конвейерной ленты в виде звена, имитирующего систему с распределенными по длине параметрами, такими, как масса, силы сопротивления, действующее в ленте механическое напряжение. Данное звено формируется путем последовательного соединения большого числа (десятки и сотни) звеньев, каждое из которых содержит элемент Фохта с последовательно соединенного с ним элемента, моделирующего вязкое трение. Звено с распределенными параметрами оформляется в виде подсистемы пакета Simulink и может содержать любое количество элементарных звеньев, сгруппированных с соблюдением принципа последовательной вложенности (когда подсистема содержит набор однотипных подсистем, каждая из которых содержит набор элементарных звеньев).

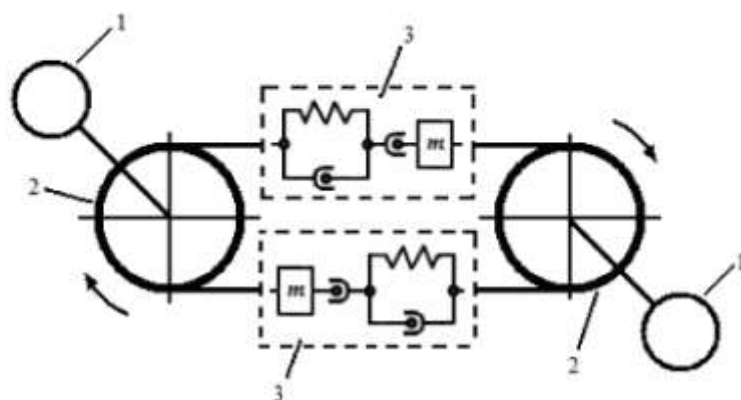


Рис.1 Упрощенная кинематическая схема конвейера.

функционирования систем с распределенными по длине параметрами. При коротких межбарабанных расстояниях, например, при размещении тянущих барабанов в пределах одной тяговой станции, волновые явления не проявляются, и в этом случае соответствующий участок конвейерной ленты может быть представлен в виде одного вязко-упругого элемента Фохта. Переходные процессы в ветвях ленты при линейном изменении скорости с выходом на установившееся значение после 5 с показаны на рис. 2. Здесь обозначено: $S_{нб}$ и $S_{сб}$ – натяжения в набегающей и в сбегающей ветвях конвейерной ленты.

Еще одной особенностью функционирования длинной конвейерной ленты является разница между скоростями набегающей и сбегающей ветвей, которая определяется выражениями [1]

$$V_{сб} = V_{нб} \left(1 - \frac{W}{E} \right) = V_{нб} \left(1 - \frac{S_{нб} - S_{сб}}{E} \right).$$

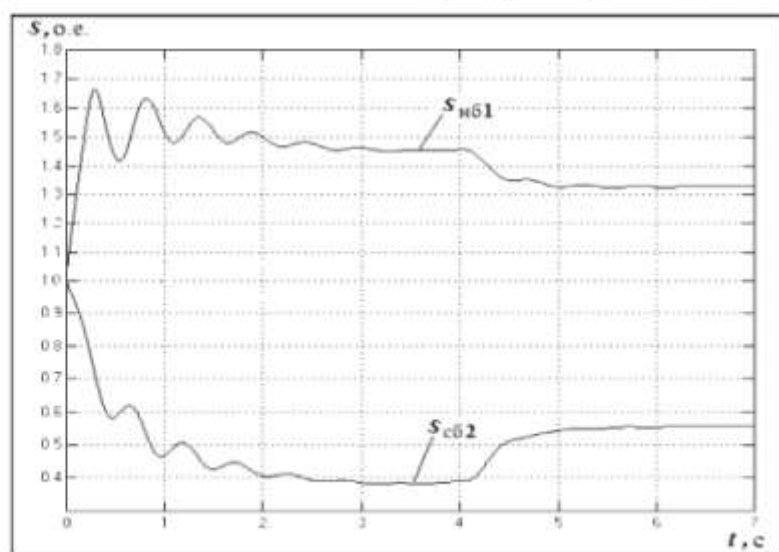


Рис.2 Натяжения в верхней ветви конвейера
($S_{нб1}$ – натяжение в точке набегающей на первый барабан,
 $S_{сб2}$ – натяжение в точке сбегающей со второго барабана)

ляторов системы управления многодвигательным электроприводом конвейера.

Литература.

1. Шахмейстер Л.Г. Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 1987. 336 с.
2. Гольберг И.И. Механическое поведение полимерных материалов. М.: Химия, 1970. 220 с.

На рис.1 показана расчетная кинематическая схема конвейера с двумя тяговыми барабанами.

Здесь обозначено: 1 – приводные двигатели; 2 – тянущие барабаны; 3 – звенья с распределенными по длине параметрами (m – масса элементарного участка конвейерной ленты).

Работа с моделью, построенной на предложенных принципах, показала, что при достаточно большом количестве элементарных звеньев подсистема обеспечивает воспроизведение характерных особенностей

Эта разница скоростей, возникающая из-за сокращения длины ленты на дуге скольжения барабана при изменении натяжения вдоль этой дуги, в модели воспроизводится с помощью «обращенного» вязкого элемента, расположенного в месте схода ленты с барабана. Данный элемент устанавливает связь сбегающей и набегающей скоростей в зависимости от разницы натяжений в соответствующих ветвях.

Таким образом, изложенные подходы к анализу процессов в многобарабанных приводах ленточных конвейеров и полученные при этом результаты позволяют рекомендовать разработанную методику моделирования механической части при синтезе структуры и параметров регу-