

УДК 622.61

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ДВУХСКОРОСТНОГО ДВУХПРИВОДНОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

И.Г. Губин, А.В. Лавшонок

Донецкий национальный технический университет

Разработана модель переключения скоростей многоприводного скребкового конвейера для обоснования оптимальных алгоритмов переключения с возможностью минимизации растягивающих усилий в цепи.

Скребокковые конвейеры являются основными средствами механизации доставки угля из очистных забоев, при этом все более широкое применение находят машины, оснащенные двухскоростными асинхронными электродвигателями. Применение указанных powodов позволяет в определенной степени повысить безопасность ведения работ за счет выполнения опасных операций на малой скорости, а также более эффективно эксплуатировать конвейер, например при неполной загрузке.

Несмотря на довольно широкое применение скребокковых конвейеров оснащенных двухскоростными асинхронными электродвигателями до сих пор не решена важная задача определение оптимального алгоритма и параметров переключения скоростей разнесенных приводов. На практике обслуживающий персонал определяет параметры запуска после монтажа конвейера во время отладки аппаратуры управления методом проб и ошибок, зачастую приводит к выбору неоптимальных режимов переключения скоростей и как следствие снижения срока службы отдельных узлов и конвейера в целом.

Наиболее полные исследования динамики скребокковых конвейеров выполнены профессором И. Г. Штокманом [1]. В его работах полученное объяснение явления резонанса в тяговых цепях, разработана методика расчета динамических нагрузок и выбора основных параметров конвейера, обеспечивающих снижение динамических нагрузок в скребковой цепи.

В то же время в известных работах вопрос оптимизации алгоритма переключения двухскоростных приводов скребокковых конвейеров не рассматриваются, за относительно недавнее время появления таких машин.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ,
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ**

Во время разгона скребкового конвейера, оснащенного двухскоростными асинхронными электродвигателями возникают существенные динамические перегрузки при переключении с первой скорости на вторую. В связи с этим представляет практический интерес решение задачи определения оптимальных временных параметров переключения скоростей двухскоростных скребковых конвейеров.

Расчетная схема определения параметров запуска скребкового конвейера с двумя приводами, оснащенными двухскоростными асинхронными электродвигателями, приведена на рисунке 1. Далее будем рассматривать скребковую цепь как однородный неупругий стержень. Как видно из рисунка действуют следующие силы: силы тяги F_{m1} , F_{m2} и сила сопротивления $W_{сопр}$.

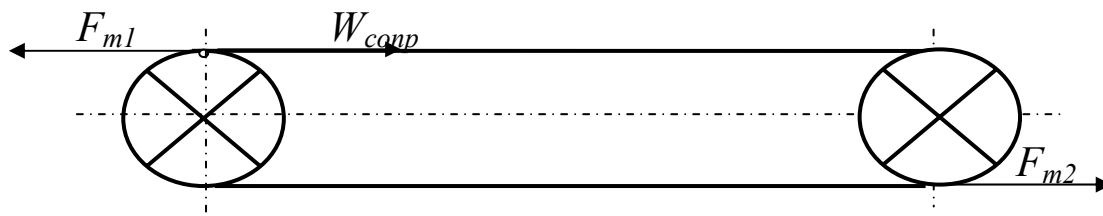


Рис.1 – Расчетная схема определения параметров пуска скребкового конвейера

Силы тяги F_{m1} и F_{m2} определяются моментом асинхронного электродвигателя $M(\omega)$, который зависит от скорости вращения вала двигателя ω , которая в свою очередь связана со скоростью движения скребковой цепи $v = \omega R$, где R - радиус приводной звездочки. С учетом того, что цепь рассматривается как однородный неупругий стержень, силы F_{m1} и F_{m2} можно заменить обобщенной силой F_m .

Сила сопротивления $W_{сопр}$ состоит из статической силы сопротивления W , которая также зависит от скорости движения скребковой цепи v и инерционных сил сопротивления движению, которая определяется как произведение приведенной к приводной звездочки массы подвижных элементов системы $M_{пр}$ на ускорение цепи a .

Сила сопротивления W , направленная вдоль продольной оси желоба, движения груза по боковым стенкам и дну желоба равна

$$W = qL \left[w \left(1 + \frac{(1,2+v)H}{(1+\sin\varphi)B} \right) \cos\beta \pm \sin\beta \right], \quad (1)$$

где: q - вес груза на 1 метре длины желоба;

L - длина конвейера;

w - суммарный коэффициент сопротивления движению груза;

H - высота слоя груза;

B - внутренняя ширина груза;
 ψ - угол внутреннего трения груза;
 ϵ - угол наклона конвейера.
 Сила тяги F_T определяется как

$$F_T = \frac{M(\omega)}{R}, \quad (2)$$

Момент асинхронного электродвигателя зависит от скорости вращения вала двигателя ω , который связан со скоростью перемещения скребковой цепи $v = \omega R$. Зависимость момента асинхронного электродвигателя от частоты вращения выражается механической кривой асинхронного электродвигателя, при этом, после ряда преобразований и допущений:

$$F_T = \frac{2M_k}{R \left(\frac{\omega_0 - v/R}{\omega_0 s_k} + \frac{\omega_0 s_k}{\omega_0 - v/R} \right)}, \quad (3)$$

где M_k - критический момент машины;
 s_k - критическое скольжение машины;
 ω_0 - угловая скорость магнитного поля машины.

С учетом $v = \frac{dx}{dt}$ и $a = \frac{d^2x}{dt^2}$, уравнение описывающее движение

скребковой цепи запишется в виде:

$$\frac{2M_k}{R} \left(\frac{\omega_0 - \frac{dx}{dt}/R}{\omega_0 s_k} + \frac{\omega_0 s_k}{\omega_0 - \frac{dx}{dt}/R} \right)^{-1} = qLw \left(1 + \frac{\left(1,2 + \frac{dx}{dt} \right) H}{(1 + \sin \varphi) B} \right) + M_{np} \frac{d^2x}{dt^2}, \quad (4)$$

где x – координата скребковой цепи в любой произвольно взятой точке (рис. 1)

Для того чтобы решить полученное дифференциальное уравнение (4), преобразуем его и запишем в форме Коши:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{M_{np}} \left[\frac{2M_k}{R} \left(\frac{\omega_0 - \frac{dx}{dt}/R}{\omega_0 s_k} + \frac{\omega_0 s_k}{\omega_0 - \frac{dx}{dt}/R} \right)^{-1} - qLw \left(1 + \frac{\left(1,2 + \frac{dx}{dt} \right) H}{(1 + \sin \varphi) B} \right) \right]. \quad (5)$$

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ, ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ

В результате численного решения уравнения (5) могут быть получены характеристики разгона и переключения скоростей скребкового конвейера. Для этого был использован метод Рунге-Кутты 4-го порядка с переменными (во времени) коэффициентами, которые определяют параметры приводов на разных скоростях по заданному алгоритму.

Результаты расчетов приведены на рисунке 2, где приведены характеристики скребкового конвейера при переключении с пониженной на повышенную скорость.

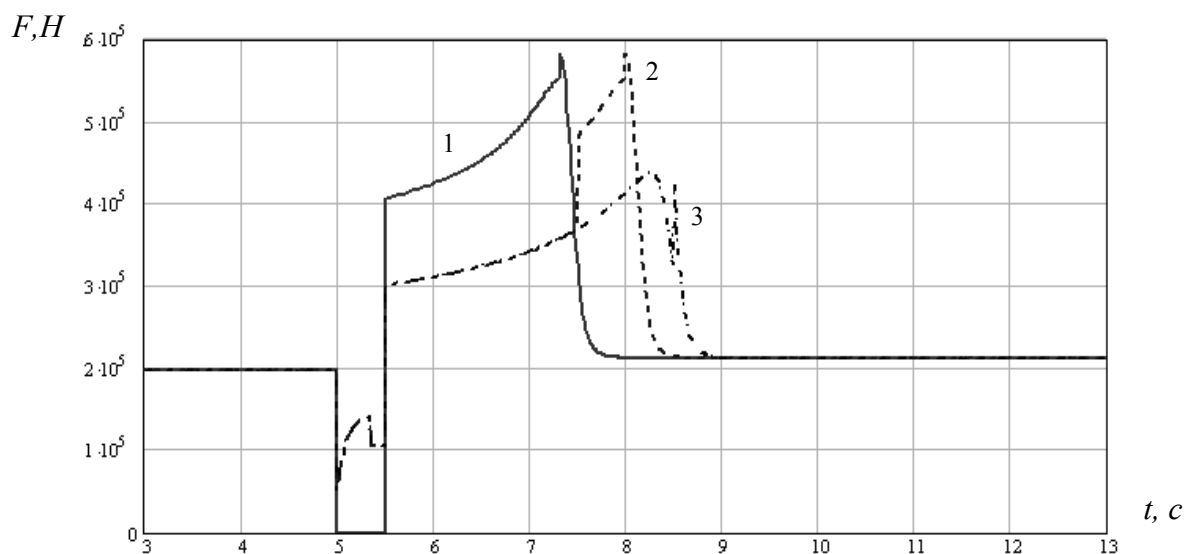


Рис.2 – Усилие при переключении скоростей

На рисунке 2 линия 1 - зависимости скорости и усилия, растягивает, при одновременном переключении скоростей на главном и хвостовом приводах, линия 2 - соответствует ситуации, когда хвостовой привод переключается через 2 секунды после главного, а линия 3 - показывает ситуацию, когда хвостовой привод отключается через 1 секунду после начала переключения главного, а включается на вторую скорость через 2.5 секунды после этого.

Получена математическая модель, которая позволяет определять зависимости скорости движения скребковой цепи от времени при запуске конвейера, а также при переключении скорости с пониженной на повышенную. Математическая модель учитывает основные параметры конструкции скребковых конвейеров и условий их эксплуатации. Результаты моделирования для отдельных параметров времени переключения головного и хвостового приводов конвейера показали существенную зависимость динамических перегрузок от этих параметров. Это позволяет в перспективе выбирать оптимальные парамет-

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ,
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ**

ры и алгоритм переключения скоростей таких конвейеров с учетом конструктивных параметров конвейера и реальных условий его эксплуатации.

Перечень ссылок

1. Штокман И.Г., Эппель Л.И. Прочность и долговечность тяговых органов. – М.: Недра, 1967. – 231 с.
2. Давыдов Б.Л., Скородумов Б.А. Динамика горных машин. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 335 с.
3. Расчет и конструирование горных транспортных машин и комплексов. Под общ. ред. Проф. И.Г. Штокмана. - М.: Недра, 1975. – 464 с.