

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ ШАХТНЫХ ВАГОНЕТОК С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНЫХ СИЛ

Шавлак В.Ф., Тарабаева И.В. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

The kinematics parameters of process of braking of mine trolley are set by linear induction engines depending on correlation of lengths of trolley and inductor in the initial moment of time.

Шахтный транспорт является одной из основных составных частей технологического процесса предприятий угольной промышленности. По различным оценкам на него приходится от 25 до 35 % себестоимости угля. В существующих средствах обмена и откатки вагонеток передача тягового усилия исполнительному органу осуществляется трением, зацеплением или другим механическим способом. Такие механизмы имеют ряд существенных недостатков, обусловленных традиционной схемой привода и сохраняемых при любом усовершенствовании конструкции: возможность возникновения экстренных нагрузок; большой износ движущихся частей; снижение срока службы механизмов; большая металлоемкость оборудования.

Поэтому в настоящее время наряду с совершенствованием существующих механизмов ведутся поиски путей создания средств шахтного транспорта на базе современных достижений науки и техники.

Так принцип бегущего магнитного поля позволяет получить поступательное движение с помощью линейного индукционного привода, которое может сочетаться с механизмами обмена и откатки вагонетки.

Таким образом, использование линейных индукционных двигателей для торможения шахтных вагонеток может считаться актуальным.

Вопросами разработки и внедрения линейных индукционных двигателей в горной и других отраслях промышленности занимаются в Украине, России, а также крупные электротехнические транспортные фирмы США, Англии и Германии [1].

В настоящее время в литературе отсутствуют исследования посвященные кинематике торможения транспортных средств с помощью магнитных сил.

Целью данной статьи является определение кинематических параметров взаимодействия линейных индукционных двигателей с подвижным составом рельсового транспорта в процессе торможения.

Для достижения поставленной цели в данной работе рассмотрены теоретические вопросы взаимодействия линейных индукционных двигателей (ЛИД) непосредственно с подвижным составом шахтного рельсового транспорта.

В данной работе рассмотрен бесконтактный способ торможения шахтных вагонеток при нижнем относительно вагонетки расположении индуктора между рельсами.

Одной из основных задач теоретического исследования является определение законов движения (кинематических параметров) в процессе торможения шахтных вагонеток с помощью магнитных сил.

Результаты теоретических исследований позволят сделать вывод о характере торможения вагонеток с помощью ЛИД и о целесообразности применения их в качестве тормозных устройств.

Торможение шахтных вагонеток может осуществляться при взаимодействии вторичных токов, наведенных в роторе, с бегущим магнитным полем ЛИД. Причем функцию ротора может выполнять специальная деталь, состоящая из стального листа и токопроводящего слоя, например, силумина, прикрепленная к днищу вагонетки.

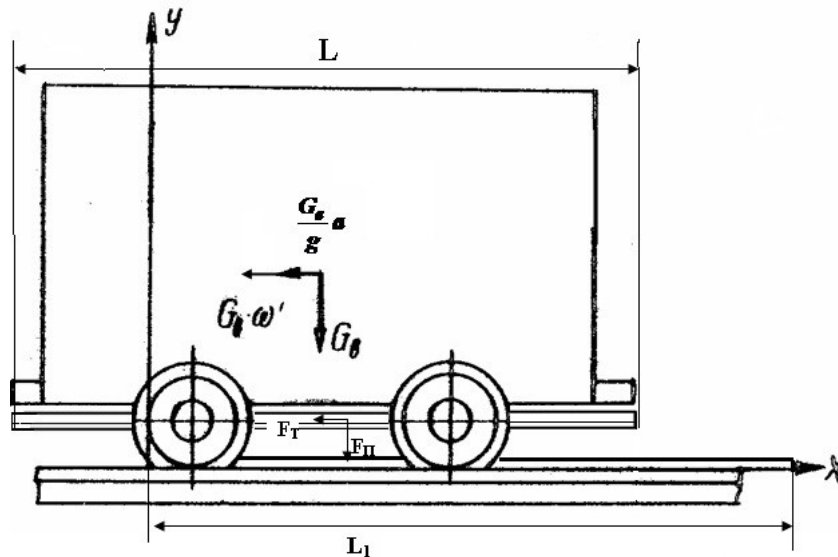


Рис. 1. Схема сил, действующих на вагонетку.

При этом на вагонетку, находящуюся в поле действия индуктора, действуют следующие силы (рис. 1):

F_T - электромагнитное тормозное усилие, Н;

F_{Π} - сила притяжения ротора к индуктору. Н;

$F_{И}$ - сила инерции, Н;

$W = G_B \cdot \omega'$ - сила сопротивления движению вагонетки, Н;

G_B - сила тяжести вагонетки, Н.

Торможение вагонетки в поле индуктора опишется дифференциальным уравнением (1):

$$M_{np} \cdot \ddot{X} + \Sigma W = F_T. \quad (1)$$

где $M_{np} = 1,075 \frac{G_B}{g}$ - приведенная масса вагонетки, кг.

Уравнение тормозной силы можно представить в следующем виде:

$$F_T = -F_0 (1 - k\dot{X}) \frac{l(x)}{L}, \quad (2)$$

где F_0 - пусковое тяговое усилие, Н;

\dot{X} - линейная скорость движения вагонетки, м/с;

$l(x)$ - длина контактирующей части вагонетки, м;

L - длина кузова вагонетки, м;

L_1 - длина линейного индукционного двигателя, м;

k - угловой коэффициент прямой, полученный при аппроксимации тяговой характеристики ЛИД прямой линией в зоне рабочих скоростей 0÷3 м/с

Сила притяжения ротора к индуктору зависит от величины воздушного зазора и от положения вагонетки относительно индуктора. Реальный воздушный зазор в производственных условиях может быть принят в пределах $\delta = 15 \div 20$ мм. В этом случае зазор может выдерживаться стабильным и сила притяжения зависит от величины контактирующей площади и вида ротора. При использовании в качестве

ротора составного ротора $F_{П}$ падает до $(0,6 \div 0,8) F_T$. Кроме того, при уменьшении площадей взаимодействия сила притяжения уменьшается по линейному закону. В предельном случае величина силы притяжения при составном роторе не превышает $10 \div 15 \%$ от веса груженной вагонетки, и поэтому в первом приближении величиной дополнительного сопротивления можно пренебречь.

Зависимость тягового усилия от длины контактирующей части вагонетки выражается функцией $I(x)$ (рис. 2).

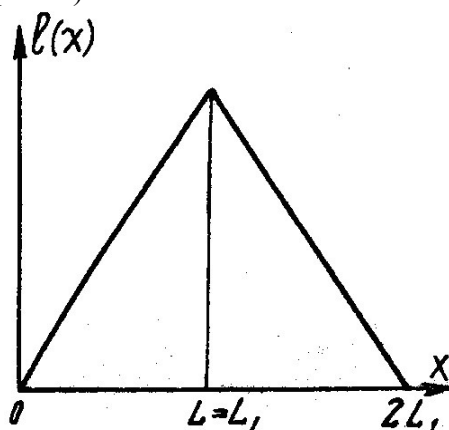


Рис. 2. Характеристики изменения функции $I(x)$

Решение уравнения (1) осуществлялось программно на основании метода Эйлера. Программа разработана для определения зависимостей $S(t)$; $V(t)$; $a(t)$ и $F(t)$ с шагом $0,02$ с при следующих условиях $F_0 = 1900$ Н; $L_1 = 1,3$ м; $M_{ПР} = 1100$ кг; $W = 120$ Н; $L = 1,3$ м; $I(x)$ характеризуется зависимостью (3);

$$I(x) = \begin{cases} x & \text{при } 0 \leq x \leq L_1; \\ 2L_1 - x & \text{при } L_1 < x \leq 2L_1; \end{cases} \quad (3)$$

На рисунках 3 и 4 представлены кинематические параметры торможения вагонетки УВГ-0,8 и зависимость тормозного усилия привода от времени для скоростей подхода вагонетки 2 и 1,5 м/с. Как видно из рисунка, время, путь, замедление и сила торможения зависит от начальной скорости движения, т.е. от запаса кинематической энергии. Так, например, при торможении вагонетки, двигающейся с начальной скоростью 2,0 м/с, максимальные величины замедления и тормозного усилия равны $1,72$ м/с² и 1770 Н. При торможении противовключением скорость пересечения ротора полем статора больше, чем при заторможенном роторе или при его перемещении, что приводит к появлению большего тока во вторичной части и в конечном счете – к увеличению тормозного усилия. Момент приложения максимальной тормозной силы соответствует такому положению вагонетки, когда весь ротор находится над индуктором. Кроме того, из графиков видно, что с увеличением начальной скорости движение вагонетки тормозное усилие и замедление, создаваемое ЛИД, возрастает.

Проведенные теоретические исследования процесса торможения вагонетки с помощью ЛИД позволили установить, что:

- 1) режим работы ЛИД привода является переходным, однако такой режим работы ЛИД не является опасным, так как превышение пускового тока над рабочим составляют не более 20-40%;

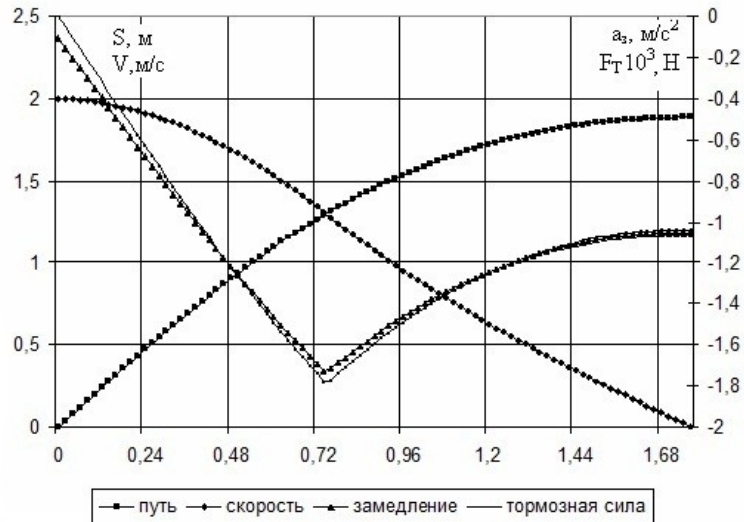


Рис. 3. Кинематические параметры торможения вагонетки при нижнем расположении индуктора и скорости подхода вагонетки $V=2$ м/с

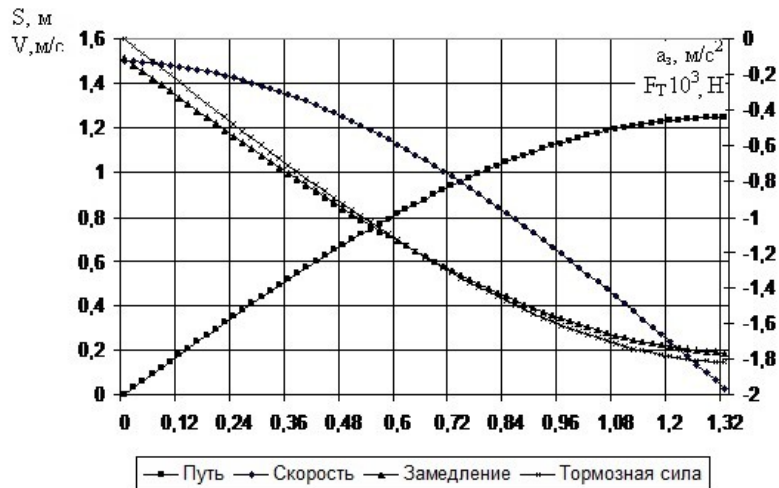


Рис. 4. Кинематические параметры торможения вагонетки при нижнем расположении индуктора и скорости подхода вагонетки $V=1,5$ м/с

- 2) одиночная вагонетка тормозится при перемещении ее в поле индуктора, достигая максимальных значений замедления и тормозного усилия в момент, когда длина роторной части вагонетки становится равной длине индуктора;
- 3) тормозное усилие равномерно распределяется по длине вагонетки, что позволяет снизить нагрузки, действующие на отдельные элементы конструкции вагонетки, по сравнению с существующими вспомогательными механизмами.

При последующих исследованиях целесообразно рассмотреть кинематику торможения составов вагонеток.

Список литературы: 1. Исследование и создание транспортных средств со стационарными и подвижными линейными индукционными приводами. Отчет по теме №73-40, ДПИ, 1973, 105 с. 2. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З., Численные методы анализа. М., Физматгиз, 1962, 367 с. 3. Вербежицкий В. М. Основы численных методов. М.: Высшая школа, 2002, 840 с.