Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 1, 1975 г.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В РУДНИЧНОМ ТРАНСПОРТЕ

Доктор техн. наук *А. В. Рысьев*,
А. Ф. Борознец
(Ленинградский горный ин-т)

Линейные электродвигатели применимы в рудничной электровозной откатке [3], внедрение их на монорельсовых дорогах является значительным шагом вперед в техническом прогрессе транспорта. При этом достигается высокий к.п.д., большая мощность, приходящаяся на единицу веса, простота конструкции, что облегчает ремонт и уход в эксплуатации, обеспечивается тяга на крутых подъемах, ликвидируется шум и вибрация при работе, отсутствует контакт между движущимися частями.

Сила тяги двигателя не зависит от сцепления колес с поверхностью качения и поэтому не ограничена величиной нагрузки.

Откатка вагонеток в шахтах с большими уклонами может осуществляться монорельсовым транспортом с линейными асинхронными двигателями, несмотря на его низкий к.п.д. [2].

В Ленинградском горном институте разработаны линейные электродвигатели, предназначенные для транспорта вспомогательных материалов в шахтах со значительными углами наклона выработок*, и проведено технико-экономическое сравнение их с дизелевозами монорельсового транспорта. При лабораторных испытаниях линейного асинхронного двигателя с полюсным делением $\tau = 1{,}8$ *см* и синхронной скоростью $v_c = 1{,}8$ *м/сек* $= 2\tau f$ (где $f = 50$ *гц* — частота тока сети) получена скорость ротора $v = 1{,}5$ *м/сек*.

Такая скорость приемлема для вспомогательного транспорта и достигается без применения преобразователей частоты трехфазного тока. Усилие составляло 1500 *н* при напряжении сети $U = 380$ *в* и соединении обмотки индуктора в треугольник.

Подсчитано, что на каждую шахту со средней годовой производительностью 495—500 тыс. *т* для транспорта вспомогательных материалов достаточно 10 электротягачей мощностью 15 *квт*. При общем числе шахт 883 требуется в среднем 8830 тягачей.

В расчетах принималось по три человека обслуживающего персонала на каждый тягач в сутки и один дежурный электрослесарь на каждом участке.

* А. Д. Школьников и А. Ф. Борознец. Линейный асинхронный электродвигатель. Линейный электродвигатель. Авт. свид. № 320891, 345568. Бюлл. № 18, 1973.

При этом основная заработная плата с учетом доплат, дополнительной заработной платы и начислений составляла в среднем 5,57 руб./*т*, амортизационные отчисления в расчете на 1 *т* грузов 0,21 руб./*т*, стоимость электроэнергии 0,68 руб./*т*, затраты на спецодежду и инвентарь 0,074 руб./*т*, затраты на материалы 3,6 руб./*т*. Общая себестоимость транспортирования 1 *т* материалов и оборудования электротягачами составляет 9,8 руб./*т*.

Расчет монорельсового вспомогательного транспорта с дизелевозами на основании некоторых данных института «Гипрошахт» показал, что амортизационные отчисления составляют 1,16 руб./*т*. Если затраты на спецодежду, инвентарь, по основной заработной плате, дополнительной и начислениям приняты такими же, как при доставке материалов и оборудования линейными асинхронными двигателями, то общая стоимость транспортирования 1 *т* материалов и оборудования дизелевозами с учетом затрат на топливо составит 13,7 руб./*т*.

Величина годового экономического эффекта $Э=(C_1—C_2)Д=$ $=(13{,}7—9{,}8)33{,}6\cdot10^6\cdot0{,}3=39{,}4\cdot10^6$, руб./год, где C_1, C_2 — себестоимость руб./*т*; Д — годовой объем транспортируемых материалов и оборудования при применении новой техники, *т*.

Для шахты с годовой производительностью 435—500 тыс. *т* в год это составляет

$$Э_1=\frac{39{,}6\cdot10^6}{883}=45000 \text{ руб./год.}$$

В настоящее время подземный транспорт полезного ископаемого проектируется с полной конвейеризацией. Конвейерный транспорт легче автоматизировать. При таком транспорте можно перемещать грузы по наклонным выработкам с углом наклона до 18—80° (до угла естественного откоса при сыпучих материалах). Однако и конвейерный транспорт не лишен существенных недостатков. Сравнительно малый срок службы конвейерных лент приводит к большим амортизационным расходам и простоям механизмов. Ограниченная длина отдельных ставов и необходимость устройства перегрузочных станций с одной ленты на другую значительно снижают надежность работы автоматических систем, что отрицательно сказывается на производительности транспортных линий [1, 5].

Сравнительно тяжелым и небезопасным остается труд по обслуживанию транспортных механизмов. При полной конвейеризации транспорта полезного ископаемого для вспомогательного транспорта применяются другие механизмы и машины, которые не обеспечивают требуемый уровень механизации. Взамен таких устройств предлагаются монорельсовые тележки с линейными электродвигателями (ЛЭД) [4, 6, 7, 8].

Одна из наиболее вероятных схем конструкции транспортного механизма с ЛЭД для перевозки грузов в шахте представлена на рис. 1. Неподвижный ротор двигателя, выполненный из стали Т-образной формы сечения, крепится в верхней части выработки над железнодорожными путями. Статор (бегун) ЛЭД, также имеющий в сечении Т-образную форму, должен иметь трехфазную обмотку, как у обычных асинхронных двигателей. Такая форма сечения элементов двигателя дает минимальные воздушные зазоры между вертикальными плоскостями статора и ротора при движении на сложном профиле пути с переменными уклонами. При движении на кривых участках пути минимальные зазоры сохраняются между горизонтальными плоскостями статора и ротора. На спокойных и прямых участках пути обеспечиваются минимальные зазоры по всему контуру междужелезного пространства.

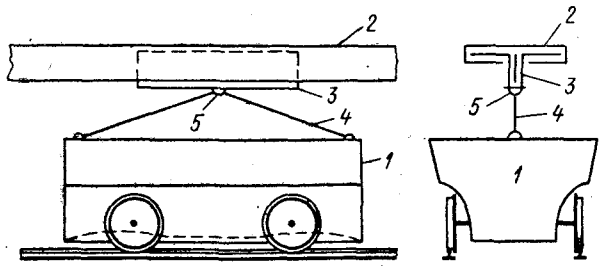


Рис. 1. Схема вагонетки с линейным асинхронным двигателем:

1 — вагонетка; *2* — ротор двигателя; *3* — индуктор-бегун двигателя; *4* — упругие тяги; *5* — автоматическая сцепка

Контактная сеть изолируется и размещается внутри неподвижной железной коробки ротора ЛЭД. Токосъемные устройства в виде скользящих щеток закрепляются на подвижном статоре. Такая конструкция токосъемного устройства обеспечивает безопасность обслуживания механизма, исключает опасность прикосновения к проводу, ослабляет искрообразование. Токосъемное устройство в ней защищено от возможных механических повреждений. Бегун ЛЭД при движении должен опираться на специальные ролики, закрепленные на вертикальной и горизонтальной плоскостях. Сила тяги двигателя передается к вагонетке через эластично-упругие тяги, снабженные пружинами. При этом колебательные процессы тяжелой подрессоренной вагонетки не нарушают работу бегуна ЛЭД. Тяги связи вагонетки с двигателем снабжаются автоматическими сцепками. Вагонетки автоматически разгружаются через дно.

Схема конструкции транспортного механизма для карьерной откатки аналогична вышеописанной. Однако в ней легче закрепить коробку ротора с контактными проводами сбоку от вагона (рис. 2). Причем на наиболее тяжелых участках пути вытяжной траншеи тяговые двигатели могут размещаться с обеих сторон вагонетки.

В ЛЭД взаимодействие электромагнитных сил между проводниками стационарной и подвижной части машины сразу реализуется в силу тяги на том или ином ведущем органе транспортного механизма. Отпадает необходимость в создании системы передач для преобразования вращающего момента на валу двигателя в силу тяги на ведущем органе машины. При этом упрощается конструкция транспортного механизма и исчезают недостатки, связанные с преобразованием момента вращения в силу тяги.

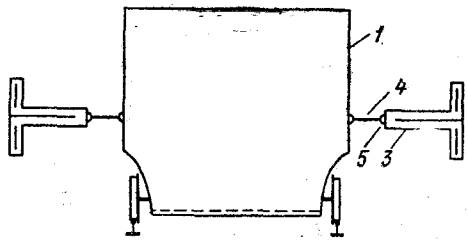


Рис. 2. Схема вагонетки с линейными асинхронными двигателями, расположенными с боков вагона.

1 — вагонетка; *2* — ротор двигателя; *3* — индуктор-бегун двигателя; *4* — упругая тяга; *5* — автоматическая сцепка

У линейных двигателей с обмотками возбуждения, расположенными в стационарной части машины, энергия на подвижную часть может передаваться индуктивным способом. При этом исключаются токосъемные устройства для питания двигателей транспортных механизмов, повышается безопасность обслуживания механизмов, значительно расширяется область применения механизации транспорта в газовых шах-

тах. Особенно широкие перспективы открываются для применения ЛЭД в механизации вспомогательного транспорта на участковых выработках и в забоях вследствие особого способа реализации силы тяги ЛЭД. Грузы могут транспортироваться под любым углом наклона путей. Отпадает необходимость в специальных железнодорожных путях и ведущих полускатах локомотивов для реализации силы тяги. Может быть использован простой вид монорельсовой дороги с подвесными вагонами на роликах.

Для уменьшения электрических потерь в обмотках длинного статора его можно секционировать. Отдельные секции будут включаться автоматически и дистанционно, причем только на тех участках, где находятся бегуны локомотивов. Использование при изготовлении длинного статора новых полимерных материалов, обладающих необходимыми электромагнитными свойствами, уменьшит его стоимость.

Проводились специальные опыты, когда статорная обмотка линейного двигателя заливалась эпоксидной смолой с примесью металлических опилок. Затвердение смолы при включенной обмотке обеспечило расположение металлических опилок по контурам силовых линий магнитного поля в нужных направлениях, т. е. получился анизотропный магнитопровод.

Если рассматривать ЛЭД с неподвижным индуктором и обычный двигатель изолированно от общей транспортной установки, то указанная конструктивная особенность не дает преимущества линейным двигателям. Однако в применении к рудничным транспортным установкам положение меняется. Длинная стационарная часть линейного двигателя может иметь большое число бегунов с обмотками возбуждения или роторными обмотками, что повышает коэффициент использования электротехнических материалов. Расчленение общей мощности транспортной установки на ряд локомотивов, синхронно связанных друг с другом общей системой, превращает прерывный локомотивный транспорт в непрерывный. При этом устраняются недостатки неравномерности подачи материалов, нарушения графиков движения и потери производительности. Такую систему легко автоматизировать по типу конвейерной с сохранением преимущества локомотивного транспорта. При выходе из строя одного или нескольких локомотивов система сможет работать без остановки.

С применением ЛЭД в рудничном локомотивном транспорте практически снимается сложная проблема торможения поездов. Нет необходимости концентрировать большие грузы в одном поезде. Транспортные грузы могут быть рассосредоточены по линии на большом количестве бегунов-локомотивов. Живая сила движущихся масс будет сравнительно невелика. При длинном индукторе в стационарной части машины торможение может осуществляться противотоком (переключением двух фаз статора).

Еще большие преимущества расчленение общей установленной мощности с ЛЭД даст при рудничном конвейерном транспорте. Короткие статоры с обмотками возбуждения рассредоточиваются по длине движущейся конвейерной линии, которая выполняет роль бегуна-ротора машины. При такой конструкции устраняется ненадежный способ передачи усилий через трение обычной конвейерной ленты о ведущие барабаны.

Коэффициент использования транспортных механизмов с ЛЭД значительно выше, чем ленточных транспортеров. Исследования, проведенные на предприятиях горнохимической промышленности, показали, что коэффициент использования сборных конвейеров не превышает 50%, а конвейерные линии на добычных участках загружены по времени около 20%. Вместе с тем из-за большой неравномерности подачи

материалов с добычных участков конвейеры периодически перегружаются, заштыбовываются и не справляются с пиковой производительностью. Приходится останавливать добычные механизмы.

Линейные двигатели позволяют иметь на длинном статоре не только большое число бегунов (локомотивов), но и изменять их количество во времени. Производительность механизмов, а следовательно и транспорта, легко изменить, меняя число локомотивов на линиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Велчев В. Въглища, № 10, 1970.
2. Ижеля Г. И. Использование асинхронных электродвигателей с развернутым статором в народном хозяйстве. Разработка и внедрение линейных электродвигателей в народном хозяйстве. УкрНИИНТИ, 1968.
3. Рысьев А. В. Автоматизация и электроснабжение рудничной электровозной откатки. Зап. ЛГИ, т. 45, вып. 1, 1961.
4. Циммерман Д. Автоматическое движение поездов под землей. Глюкауф, № 12, 1972.
5. Rèmy E. Ann. mines, 1969, 98.
6. New crane propulsion system. Electrical Times, 1966, N 18, v. 149.
7. Linear Traction Motor. Electrical Review, 1962, 23 November. V 171, N 21.
8. Jufer Marcel, Wavre Nicolas, Fresey Jegu. Moteur linèare a inducteur a double action. Швейц. патент кл. H02K, 41/02, № 516888, опубл. 31/I 1972.