

УДК 622.611

ПУТИ СОЗДАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ УСТАНОВОК

В. М. Гойхман

Одним из вопросов, связанных с работой ленточных конвейерных установок, является создание рациональных систем электропривода, которые обеспечили бы оптимальный режим работы наиболее дорогостоящего элемента конвейерной установки — ленты.

Анализ, проведенный институтом Укрниипроект [Приседский, 1963], показал, что в общей стоимости конвейера стоимость конвейерной ленты имеет определяющее значение. При длине конвейерного става 250—500 м на бельтинговую ленту приходится от 40 до 60% общей стоимости конвейера, на анидную и резинотросовую — от 50 до 60%. При увеличении длины конвейера доля анидной ленты в общей стоимости конвейера возрастает до 75%, а резинотросовой — до 65%. Стоимость ленты и ее работоспособность во многом определяют экономический эффект при эксплуатации ленточных конвейерных установок. Оптимальным считается режим работы ленты без значительных динамических перенапряжений при пуске (торможении) конвейера и наименьшем усталостном износе. Многочисленные работы о величине и характере напряжений, возникающих в конвейерной ленте, не дали пока полной картины этих напряжений, их влияния на прочность и долговечность ленты. Одни считают, что определяющее влияние на срок службы ленты оказывают пусковые динамические нагрузки, другие к главному влиянию относят знакопеременные напряжения от изгиба, утверждая, что эти напряжения разрушают конвейерную ленту, третьи существенную роль отводят абразивному износу.

Рекомендуемые значения коэффициента динамичности $K_{дин}$ (отношение максимального значения напряжения в точке набегания при пуске груженого конвейера к натяжению в точке набегания при установившемся режиме) разнообразны и несколько противоречивы. Однако большинство исследователей допустимым значением $K_{дин}$ считают 1,2—1,4.

При нефутерованных приводных барабанах на конвейерах в период пуска лента часто проскальзывает, и значение коэффициента динамичности снижается до 1,03—1,12 [Биличенко, Высочин, Завгородний, 1964]. На конвейерах с футерованными приводными барабанами этого не происходит, поэтому $K_{дин}$ может иметь значения 1,5 и выше [Спиваковский, Фаддеев, Волотковский, 1962; Биличенко, Высочин, Завгородний, 1964].

По данным исследования ШахтНИУИ [Разработка, 1964] 12 конвейеров КРУ-350 и 10 конвейеров КРУ-260 на шахтах комбината Ростовуголь, срок службы ленты при отсутствии механических повреждений

и абразивного износа определяется ее усталостной прочностью, т. е. способностью выдерживать определенное число перегибов при огибании барабанов.

Испытания Гипроуглемаша на стенде резиновых лент Курского завода РТИ показали, что лента выдерживает 800 000 перегибов, что соответствует пятилетнему сроку службы ленты конвейера КРУ-350. Однако, по данным шахт, резиновые ленты, как правило, работают 2—2,5, редко — 3 года. Сокращению срока службы в дополнении к усталостному износу способствует механический и коррозионный износ ленты [Разработка . . , 1964].

По данным О. Г. Карабасова [1963], решающее влияние на снижение прочности ленты оказывают напряжения от изгиба на барабанах и особенно на опорных роликах.

В последнее время для повышения производительности конвейеров все чаще прибегают к увеличению скорости движения ленты. При неизменной производительности это позволяет увеличить предельную длину конвейера, но приводит к возрастанию числа изгибов ленты и сокращению срока ее службы.

Наиболее прост для ленточных конвейеров привод от асинхронных короткозамкнутых двигателей, непосредственно соединенных с валом редуктора. Этот вид электропривода обеспечивает надежное управление конвейерами при относительно малых затратах.

Однако на конвейерах, оборудованных футерованными резиной приводными барабанами и короткозамкнутыми двигателями, во время пуска в ленте возникают значительные динамические нагрузки [Биличенко, Высочин, Завгородний, 1964].

По наблюдениям О. Роттки [Rottky, 1961], короткозамкнутые двигатели развивают при пуске высокие ускорения, вызывающие в ленте сильные колебательные явления и динамические нагрузки, в 2—3 раза превосходящие рабочие натяжения. Предельная длина конвейера с короткозамкнутым двигателем, по О. Роттки, равна 300 м, а мощность двигателя 100 квт.

При пуске конвейеров КРУ-350 и КРУ-260 без муфт скорость вращения вала двигателя к моменту выбора кинематического зазора достигает 0,3—0,5 от номинальной скорости двигателя [Котов, Шахмейстер, 1962]. Это приводит к ударному нагружению двигателя, возникновению больших ускорений и динамических усилий в ленте при пуске конвейера. Вследствие этих недостатков привод с асинхронным короткозамкнутым двигателем применяется в основном на ленточных конвейерах относительно небольшой длины и производительности.

Более рационален привод с асинхронными короткозамкнутыми двигателями и муфтами скольжения. Считалось, например [Горожанкин, 1961], что турбомуфты устраняют действие больших ускорений на ленту при разгоне конвейера и обеспечивают заданное распределение нагрузок между двигателями на конвейерах с двухбарабанными приводными станциями. Однако, как следует из экспериментальных данных по конвейерам КРУ-260А, КЛ-1 и КРУ-350 [Биличенко, Высочин, Завгородний, 1964], наличие турбомуфт Т-90 практически не снижает действующих на ленту динамических нагрузок при пуске конвейера, несмотря на большую длительность пуска, чем при жестком соединении вала двигателя с редуктором. Равномерная нагрузка всех двигателей конвейера КРУ-350, которая должна обеспечиваться турбомуфтами, на практике имеет место в редких случаях. С точки зрения обеспечения плавности пуска и уменьшения ударных ускорений конвейеры КРУ-260 и КРУ-350 с турбомуфтами не имеют существенных преимуществ перед приводом без муфт, если

устранить первый рывок при включении двигателей [Котов, Шахмейстер, 1962].

В качестве пусковых муфт предельного момента известные распространение получили порошковые и дробовые муфты. В СССР в приводе ленточных конвейеров нашли применение порошковые муфты конструкции ВНИИПТМАШ. Однако, как показали экспериментальные исследования конвейера ЮГОК [Биличенко, Высочин, Завгородний, 1964], несмотря на наличие между двигателями и редукторами таких муфт, при пуске груженого конвейера в ленте возникают динамические нагрузки, превосходящие в 1,6 раза нагрузки установившегося режима. Высокую плавность пуска ленточных конвейеров могут обеспечить электромагнитные муфты скольжения. Известны зарубежные конструкции конвейеров с такими муфтами мощностью более 1000 л. с. [Котов, 1958].

В последнее время на конвейерах большой длины и производительности получили широкое распространение асинхронные двигатели с фазовым ротором. Однако и в этом случае при пуске конвейера в ленте возникают динамические усилия, зависящие в значительной степени от момента переключения ступеней пусковых сопротивлений. Динамические нагрузки в ленте иногда превышают в 1,5 ÷ 1,8 раза нагрузки установившегося режима [Биличенко, Высочин, Завгородний, 1964].

Испытания на Гайском карьере показали, что установленные на ленточном конвейере Торецкого машзавода электродвигатели с фазовым ротором лишь частично устраняют перенапряжения в ленте и приводном оборудовании [Фаддеев, Яковенко, Волотковский, 1963]. Объясняется это отсутствием соответствия между скоростью выведения пусковых сопротивлений в цепи ротора и нагрузкой конвейера.

При правильном и тщательном подборе величины сопротивлений и моментов их выключения электродвигатели с фазовым ротором могут обеспечить плавное нарастание окружного усилия при пуске конвейера без значительных колебательных процессов [Спиваковский, Фаддеев, Волотковский, 1962].

Управление двигателями с фазовым ротором в функции времени при пуске осуществлено в СССР на мощных ленточных конвейерах КРУ-900. Промышленные испытания показали [Шахмейстер и др., 1965], что система привода этого конвейера имеет ряд недостатков. Она не обеспечивает плавного пуска конвейера из-за неправильно подобранных промежутков времени выключения ступеней пусковых сопротивлений. Синхронизация работы приводов, осуществляемая смягчением рабочих характеристик двигателей путем оставления последней ступени сопротивлений в цепи ротора, повышает скольжение и снижает экономичность работы двигателей.

Рекомендуемая для мощных конвейеров разработанная система двухдвигательного привода с поворотным статором дает возможность механическим поворотом статора одного из двигателей с фазовым ротором на определенный угол получить семейство бесступенчатых механических характеристик привода. Система привода с поворотным статором позволяет исклчить станции с плоскими контроллерами и 80% сопротивления реостата.

В последние годы в СССР и за рубежом возрос интерес к каскадным схемам включения двигателей. Попытка использования каскадного привода на ленточных конвейерных установках предпринята Б. А. Бахолдиным и В. И. Лескевичем [1963]. Они предложили для двухбарабанного привода мощного ленточного конвейера конструкции ВНИИПТМАШ использовать в качестве привода второго барабана каскад постоянной мощности. Первый приводной барабан этого конвейера оснащен синхронным электродвигателем, второй — асинхронным двигателем с фазовым

ротором. Наличие следящей системы и регулируемого привода второго приводного барабана позволяют поддерживать момент, развиваемый асинхронным двигателем, пропорциональным моменту синхронного двигателя первого приводного барабана, обеспечивая рациональный режим работы двухбарабанного привода мощного ленточного конвейера.

Эта система громоздка, сложна в управлении и не обеспечивает плавного пуска конвейера, т. е. в период пуска в ленте возможно возникновение больших динамических нагрузок [Биличенко, Высочин, Завгородний, 1964]. Несмотря на недостатки, Б. А. Бахолдин и В. И. Лескевич считают каскадную систему экономически выгодной, особенно при оборудовании конвейерных установок большой мощности.

Как показали многочисленные экспериментальные исследования и наблюдения за работой конвейеров [Биличенко, Высочин, Завгородний, 1964; Шахмейстер и др., 1965], средняя нагрузка двигателей по мощности составляет $45 \div 70\%$ и лишь иногда достигает 80% . Для конвейеров малой и средней длины и производительности вопрос повышения загрузки двигателей не ставится особенно остро, но на мощных конвейерных установках от правильного его решения во многом зависят экономические показатели установки.

На основании обзора существующих систем электропривода ленточных конвейерных установок можно сформулировать следующее основное требование, предъявляемое к рациональной системе электропривода мощных ленточных конвейеров. Такая система должна обеспечивать плавный пуск (торможение) конвейеров и плавное регулирование скорости для поддержания постоянной весовой загрузки ленты. Работа электропривода при пониженной скорости должна быть устойчива и экономична. При этом будет обеспечена потребная производительность конвейера и наиболее выгодный режим работы ленты. Классифицировать системы электропривода ленточных конвейерных установок, в зависимости от их длины и производительности, можно на три группы.

1. Системы, не обеспечивающие контролирование нагрузки приводных двигателей в период пуска конвейера: а) асинхронные короткозамкнутые электродвигатели с прямым пуском; б) асинхронные двигатели с центробежными муфтами; в) двигатели переменного тока с электромагнитными муфтами; г) асинхронные двигатели с реостатным пуском в функции времени. Эти системы привода широко применяются на конвейерах относительно небольшой длины и производительности.

2. Системы, обеспечивающие контролирование нагрузки приводных двигателей в период пуска конвейера: а) асинхронные двигатели с реостатным пуском в функции времени с корректировкой по току; б) двигатели переменного тока с регулирующими электромагнитными муфтами скольжения; в) двухдвигательный асинхронный привод с поворотным статором; г) приводы постоянного тока. Эти системы привода находят применение на конвейерах средней длины и производительности.

3. Системы, способные поддерживать определенное значение нагрузочных моментов приводных двигателей не только при пуске, но и при нарушении нормального режима работы конвейера, снижая скорость движения ленты при уменьшении весовой загрузки конвейера и обеспечивая при этом режиме устойчивую и экономичную работу конвейерной установки: а) каскадные системы привода; б) приводы постоянного тока. Создание таких систем электропривода, особенно для мощных конвейерных установок, становится все более актуальным в связи с тем, что в последние годы как в СССР, так и за рубежом созданы конвейерные установки большой длины и производительности, успешно конкурирующие с другими видами транспорта.

Выводы

1. Применение в качестве электропривода ленточных конвейеров короткозамкнутых двигателей, непосредственно соединенных с валом редуктора, часто приводит к возникновению в ленте в период пуска конвейера значительных динамических перенапряжений и колебательных явлений. Для их устранения необходимы либо установка на конвейерах короткозамкнутых двигателей специального исполнения, либо специальные схемы включения двигателей, обеспечивающие плавный пуск конвейера.

2. Более рациональны системы привода с асинхронными короткозамкнутыми двигателями и муфтами скольжения.

3. Широко применяемые на конвейерах большой длины и производительности асинхронные электродвигатели с фазовым ротором могут обеспечить плавный пуск конвейера, но достигается это созданием относительно сложной и громоздкой пусковой аппаратуры.

4. Заслуживает внимания попытка применения на мощных ленточных конвейерах каскадных систем привода, позволяющих осуществить наиболее экономичное длительное регулирование скорости.

На конвейерных установках большой мощности перспективным может оказаться применение регулируемого привода постоянного тока.

ЛИТЕРАТУРА

Бахолдин Б. А., Лескевич В. И. О каскадном приводе для мощных ленточных конвейеров. В сб. Вопросы рудничного транспорта. Госгортехиздат, 1963.

Биличенко Н. Я., Высочин Е. М., Завгородний Е. Х. Эксплуатационные режимы ленточных конвейеров. Гос. изд-во техн. лит-ры УССР, 1964.

Горожанкин Д. И. Работы Александровского машзавода в области конструирования и производства ленточных конвейеров. Мат-лы научно-технич. совещания по ленточным конвейерам, 1961.

Карабасов О. Г. Напряжения в ленте при работе ленточного конвейера. В сб. Транспорт горных предприятий. МИРГЭМ, 1963.

Котов М. А. К вопросу о приводе мощных ленточных конвейеров. Горные машины, № 4, 1958.

Котов М. А., Шахмейстер Л. Г. О влиянии турбомуфт на протекание пусковых процессов в приводах магистральных ленточных конвейеров. В сб. Транспорт шахт и карьеров в социалистических странах. Госгортехиздат, 1962.

Приседский Г. В. Рациональная длина конвейерных ставов для открытых разработок месторождений полезных ископаемых. Научн. зап. Укрниипроект, вып. 11, 1963.

Разработка рекомендаций по увеличению срока службы конвейерных лент, армированных металлическими тросами, и установление фактических сроков службы (по комбинату Ростовуголь). Горные машины и автоматика, вып. 57 (13), 1964.

Спиваковский А. О., Фаддеев Б. В., Волотковский В. С. Некоторые задачи и способы экспериментальных исследований работы ленточных конвейеров. Изв. вузов. Горный журнал, № 11, 1962.

Фаддеев Б. В., Яковенко Б. В., Волотковский В. С. Системы электропривода мощных ленточных конвейеров. Изв. вузов. Горный журнал, № 8, 1963.

Шахмейстер Л. Г. и др. Промышленные исследования конвейера КРУ-900. Уголь, № 3, 1965.

Rottky O. Bergbautechnik, H. 11, 1961.