

## О ВЫБОРЕ МОЩНОСТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Представлены зависимости коэффициента запаса мощности и момента от глубины регулирования скорости конвейера, полученных на основе данных испытаний проведенных на ОАО Первомайский электромеханический завод им К. Маркса, и разработана методика расчета мощности привода конвейера с частотным регулированием при использовании самовентилируемых двигателей.

Представлено залежності коефіцієнту запасу потужності і моменту від глибини регулювання швидкості конвеєра, що були отримані на основі даних випробувань проведених на ВАТ Первомайський електромеханічний завод ім К. Маркса, і розроблена методика розрахунку потужності приводу конвеєра з частотним регулюванням при використанні самовентильованих двигунів.

Coefficient reserve capacity and since the depth of speed control conveyor depending obtained on the basis of tests conducted at JSC Pervomaysky Electromechanical Plant, Karl Marx are presented and the method of calculation of power over the conveyor with frequency regulation using selfventilation engines is developed.

Представлена методика выбора мощности частотно-регулируемого электропривода конвейера при использовании самовентилируемых двигателей.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Конвейерный транспорт шахты - одно из основных звеньев технологического процесса добычи угля. Как магистральные, так и участковые линии укомплектованы ленточными конвейерами.

Практика эксплуатации показывает, что конвейеры в значительной степени недоиспользованы как по производительности, так и по времени работы, что объясняется, главным образом, большой неравномерностью поступающих на них входных грузопотоков, носящих случайных характер. При этом увеличивается доля непроизводительных затрат энергии на перемещение движущихся частей конвейера (ленты и роликов), а количество груза, транспортируемого до капитального ремонта (ресурс), снижается. Одним из основных направлений решения этой проблемы является регулирование скорости движения конвейерной ленты за счет применения частотно-регулируемого электропривода.

**Анализ исследований и публикаций.** Выбор конвейера осуществляется по максимальному минутному грузопотоку для обеспечения надежного транспортирования груза [1, 2], что обуславливает заниженную среднюю загрузку конвейера. Исходными данными для определения значений максимальных минутных грузопотоков на конвейерах являются характеристики минутных грузопотоков, поступающих от каждого очистного забоя, обслуживаемого данной линией

Использование регулируемого электропривода предполагает обеспечение режима, при котором скорость конвейера меняется пропорционально фактическому грузопотоку. В этом случае погонная нагрузка постоянна [3]:

$$q_{r.n} = \frac{Q(t)}{3,6v(t)} = const, \quad (1)$$

где  $Q(t)$  и  $v(t)$  - текущие значения поступающего на ленточный конвейер случайного грузопотока и скорости;  $q_{r.n}$  - максимально допустимая погонная масса груза.

В связи с тем, что при регулировании конвейер работает с одинаковой погонной нагрузкой, тяговое усилие при этом постоянно ( $W = const$ ) [3].

В соответствии со сложившейся практикой, как правило, частотно-регулируемый электропривод конвейера комплектуется двигателями с водяным охлаждением.

В то же время выпускаемые и находящиеся в эксплуатации в Украине ленточные конвейеры оснащены самовентилируемыми двигателями серий 2ВР, 3ВР и ВАО2. Способ охлаждения в соответствии с ГОСТ 20459 двигателей серий 2ВР, 3ВР - IC0141, а ВАО2 - IC0151. В связи с этим важной представляется оценка возможности применения упомянутых электродвигателей в составе частотно-регулируемого электропривода. Положительное решение этой задачи существенно упростило и удешевило бы внедрение регулирования скорости ленты.

В связи с ухудшением условий охлаждения при частоте вращения ниже номинальной снижается допустимый по нагреву момент [4]. Поскольку нагрузка привода конвейера является постоянной величиной, для обеспечения тягового усилия и достаточной глубины регулирования необходим анализ возможности реализации этих требований при существующей мощности электродвигателей в условиях фактического грузопотока.

**Постановка задачи.** Цель работы – разработать методику выбора мощности частотно-регулируемого электропривода конвейера при использовании самовентилируемых двигателей.

**Изложение материала и результаты.** В качестве примера существенной неравномерности грузопотоков на рисунке 1 приведены результаты замеров на конвейере 2ЛУ120 (№4) восточной конвейерной магистрали ОП «Шахта «Должанская-Капитальная», произведенных ГП «Донгипроуглемаш» в июне 2011 г. По данным указанных замеров максимальное, минимальное и среднее значения грузопотока составляют 0,21; 0,075 и 0,142 т/с.

Как уже отмечено, выпускаемые в Украине ленточные конвейеры оснащены самовентилируемыми двигателями серий 2ВР, 3ВР и ВАО2. Специалисты ОАО «Первомайский электромеханический завод им. К. Маркса» провели испытания, которые дали возможность определить длительно допустимые полезную мощность и вращающий момент электродвигателей указанных серий при питании от преобразователей частоты (см. рисунок 2 [5]).

С учетом данных, представленных специалистами ОАО «Первомайский электромеханический завод им. К. Маркса», построена зависимость коэффициента  $k_{з.м}$  запаса мощности (момента), который равен отношению установленной мощности привода к фактической или соответствующих моментов (тяговых усилий), от диапазона  $D$  регулирования, представленная на рисунке 3.

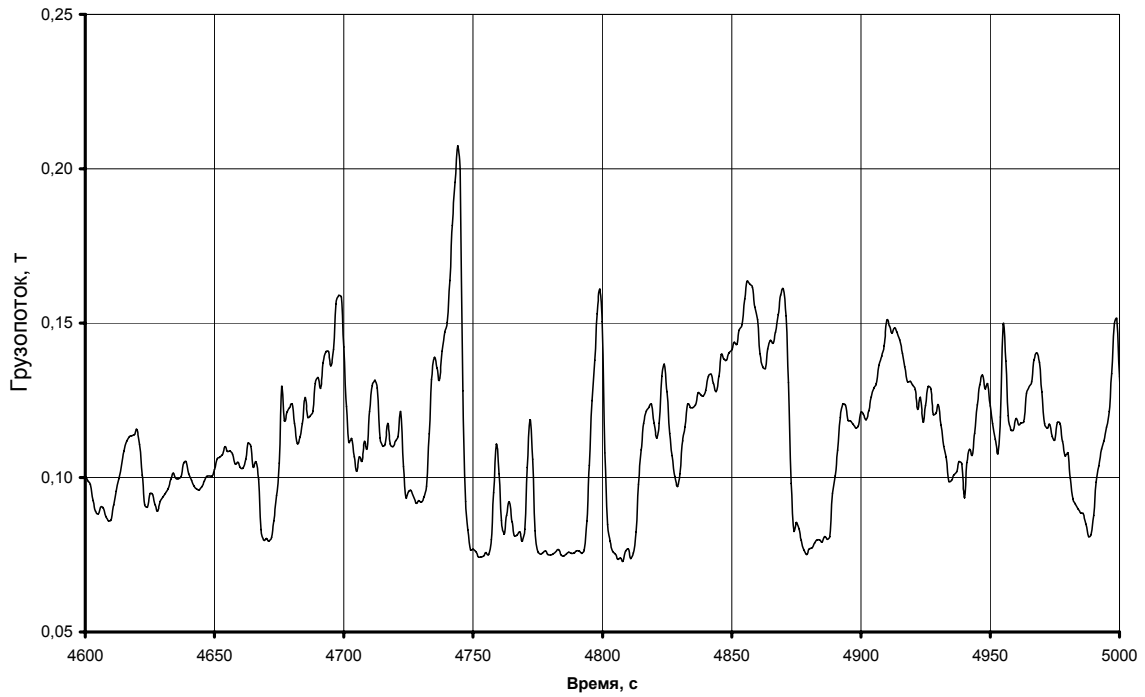


Рис. 1. Грузопоток на конвейере 2ЛУ120 (№4) восточной конвейерной магистрали ОП «Шахта «Должанская-Капитальная» по результатам замеров, произведенных ГП «Донгипроуглемаш» в июне 2011 г.

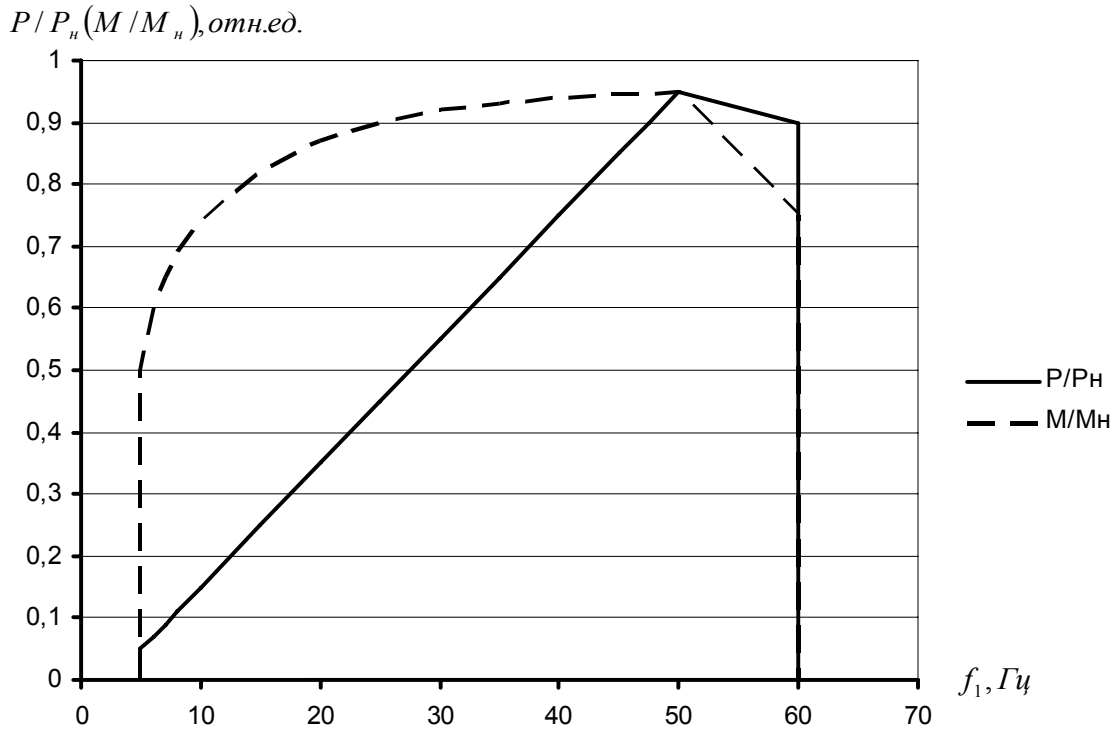


Рис. 2. Относительные значения длительно допустимых мощности и момента электродвигателей серий 3ВР, 2ВР, ВА02 при питании от преобразователей частоты [5]

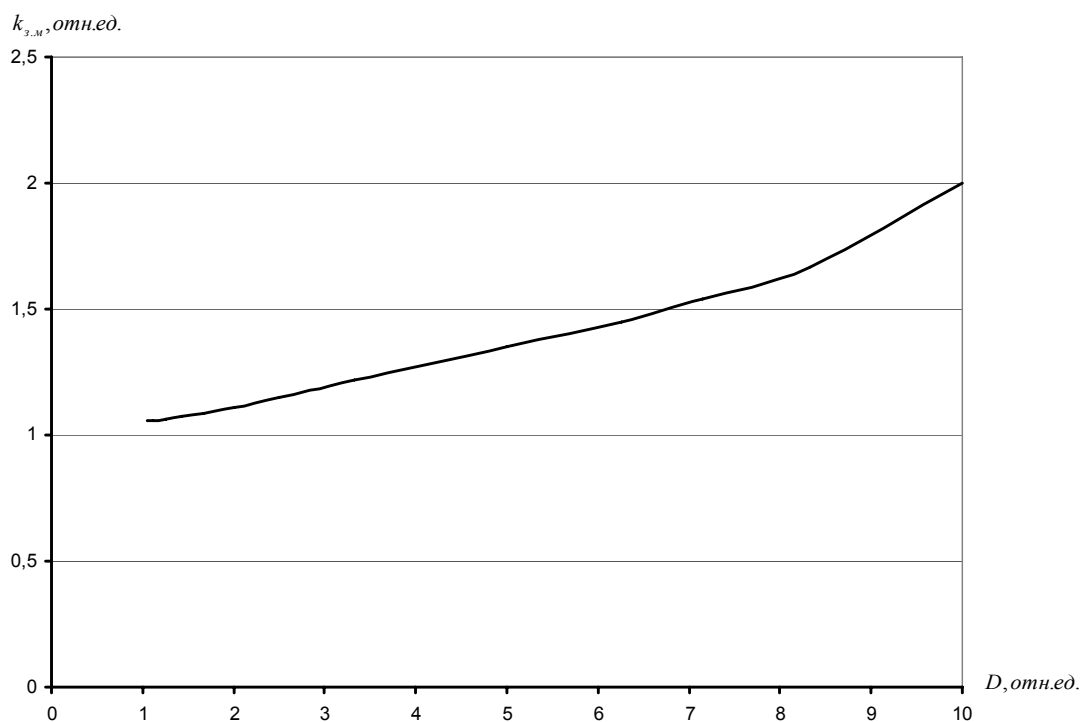


Рис.3. Зависимость коэффициента  $k_{з.м}$  запаса мощности от диапазона  $D$  регулирования частотно-регулируемого электропривода, оснащенного электродвигателями серий 3ВР, 2ВР, ВАО2, от при питании от преобразователей частоты.

При проектировании конвейера, оснащенного частотно-регулируемым электроприводом, следует заложить запас по мощности двигателей с учетом необходимой величины диапазона  $D$  регулирования в соответствии с упомянутой зависимостью.

Для оценки диапазона необходимо учесть, что существует ограничение по предельной минимальной скорости движения ленты, связанное с тем, что для конвейера наиболее тяжелым режимом является режим разгона из-за больших динамических моментов, вызывающих колебания и пробуксовки конвейерной ленты, колебания в натяжных устройствах и набросы нагрузки на приводные двигатели. В связи с этим нижний предел регулирования выбирается на уровне так называемой «ползучей» скорости ( $v_{полз} = 0,5$  м/с [3]), применяемой, в том числе, для режима холостого хода и ревизии ленты.

Поскольку верхний предел регулирования – номинальная скорость, с учетом размерного ряда скоростей конвейеров (1,6; 2,0; 2,5 и 3,15 м/с) при  $v_{полз} = 0,5$  м/с  $D = 3,2:1; 4,0:1; 5,0:1; 6,3:1$ .

Ниже изложена методика определения коэффициента  $k_{з.м}$  запаса мощности. Сначала следует найти тяговое усилие  $W_o$  привода при номинальных условиях (номинальная частота сети и номинальная скорость движения ленты) в соответствии с формулой, приведенной в [6]:

$$W_o = \frac{P\eta}{vK} \text{ (Н)}, \quad (2)$$

где  $P$  - установленная мощность привода;

$\eta$  - коэффициент полезного действия передачи двигатель - приводной барабан;

$K$  - коэффициент запаса установленной мощности привода;

$K = K_1 K_2 K_3$ , принимается  $K_1 = 1,2$  – для углов наклона конвейера от минус 3 до  $+18^\circ$ ;  $K_1 = 1,5$  – для углов наклона конвейера от минус 16 до минус  $13^\circ$ ;  $K_2 = 1,1$  – для конвейеров с суммарной мощностью привода менее 120 кВт;  $K_2 = 1,0$  - для конвейеров с суммарной мощностью привода более 120 кВт;  $K_3 = 1,1$  – для приводов с числом двигателей более одного;  $K_3 = 1,0$  – для однодвигательного привода;

$v$  - скорость движения ленты, м/с.

Найденное значение  $W_o$  необходимо сравнить с необходимым тяговым усилием, рассчитанным либо с использованием эквивалентного коэффициента  $w$  сопротивления движению ленты, либо методом обхода по контуру с учетом отдельных видов распределенных и сосредоточенных сопротивлений по трассе конвейера.

При использовании первого метода в соответствии с [6] ориентировочное значение тягового усилия  $W_\phi$  привода ленточного конвейера определяется по формуле:

$$W_\phi = ((q_x + q_{r,n})Lw \pm Hq_r)g \text{ (Н)}, \quad (3)$$

где  $q_x$  - масса движущихся частей конвейера, приведенная к одному метру ленты, кг/м;

$L$  - длина конвейера, принимается по схеме трассы, м;

$H$  - высота подъема груза, м.

Коэффициент запаса мощности

$$k_{з.м} = \frac{W_o}{W_\phi}. \quad (4)$$

В качестве примера определим возможность установки регулируемого привода на конвейере 1Л800 ( $P=110$  кВт,  $v=2,5$  м/с;  $L=500$  м;  $\beta=0$ ). С учетом сказанного выше  $D=5$  (2,5/0,5). На основании расчетов по формулам (2), (3)  $W_o=26,9$  кН;  $W_\phi=20,1$  кН. При этом  $k_{з.м}=1,34$  (26,9/20,1). Из графика, представленного на рисунке 2, следует, что при  $k_{з.м}=1,34$  возможный диапазон регулирования равен 5 (что соответствует требуемому значению).

Следует отметить, что подавляющее большинство конвейеров, находящихся в эксплуатации, имеет запас по мощности двигателей (установленной относительно фактической при максимальной загрузке). Это объясняется следующими причинами:

- дискретностью параметров, учитываемых при выборе конвейера (таких, как приемная способность, скорость движения ленты, мощность двигателей);

- ограниченной среднестатистической длиной одного конвейерного става из-за сложной гипсометрии пластов [7], в результате чего указанная длина существенно ниже допустимого значения данного параметра в соответствии с

технической характеристикой конвейера. В первом приближении можно считать, что мощность нагрузки конвейера пропорциональна его длине [6], поэтому коэффициент запаса мощности  $k_{з.м}$  ориентировочно может быть определен как отношение допустимого значения  $L_{дон}$  длины к фактическому  $L$ . Например, для участкового (как правило, типа 1Л800) горизонтального конвейера при среднестатистической длине  $L = 324$  м [7] и эксплуатационной производительности 330 т/ч ( $L_{дон} = 600$  м)  $k_{з.м} = 1,85$  ( $600/324$ ).

Выводы и направление дальнейших исследований. Из-за большой неравномерности шахтных грузопотоков, носящих случайный характер, увеличивается доля непроизводительных затрат энергии на перемещение движущихся частей конвейера (ленты и роликов), а количество груза, транспортируемого до капитального ремонта (ресурс), снижается.

Наиболее эффективным техническим решением, обеспечивающим адаптацию скорости движения ленты конвейера под фактические грузопотоки, является применение регулируемого привода.

Пределы изменения диапазона регулирования скорости - от 3,2:1 до 6,3:1., при этом нижняя граница регулирования - «ползучая» скорость  $v_{полз} = 0,5$  м/с (в том числе для режима холостого хода).

Большинство находящихся в эксплуатации в Украине ленточных конвейеров оснащено самовентилируемыми двигателями серий 2ВР, 3ВР и ВАО2. Как видно из анализа, возможно применение указанных электродвигателей для комплектации частотно-регулируемого электропривода. В каждом конкретном случае такая возможность должна быть уточнена с учетом имеющейся мощности двигателей и параметров фактического грузопотока в соответствии с изложенной в статье методикой.

#### Список литературы

- 1 Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих шахт – М.: Минуглепром СССР, 1986. -355 с.
- 2 Транспорт на горных предприятиях/ под общ. ред. Б.А. Кузнецова. – М.: Недра, 1976. - 552 с.
- 3 Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г., Лобачева А.К. Динамика грузопотоков и регулирование скорости ленточных конвейеров - М.: изд. МГИ, 1972. -163 с.
- 4 Сандлер А.С., Сарбатов Р.С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. - М.: Энергия, 1974-328 с.
- 5 Тетерев Е.Д., Чечельницкий С.В., Дятлов А.Ф. Нагрузочная способность взрывозащищенных электродвигателей при питании от преобразователей частоты/Уголь Украины – 2008. - № 9 – С. 34-36.
- 6 ОСТ 12.14.130-79 Конвейеры ленточные шахтные. Методика расчета.
- 7 Стадник Н.И. Комплекс технических средств автоматизации шахтного конвейерного транспорта (КТС АШК)/Уголь Украины – 1997. - № 7 – С. 29-32.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесарєвим В.В.  
Надійшла до редакції 15.06.11*