

2959, то количество виброизолирующих опор должно быть в два раза больше.

5. Для работы дробилки в летних условиях необходимо использовать виброизоляторы из резины 2959, что требует комплектации дробилки двумя комплектами виброизоляторов из разных марок резин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обоснование параметров и разработка резиновых виброизоляторов для дробилок КИД-900 и КИД-1200 / Лисица Н.И., Заболотная Е.Ю., Твердохлеб Т.Е., Монсеев Е.П., Лисица Н.Н., Черкасский В.А., Шулояков О.Д. // Геотехническая механика. –Днепропетровск: Полиграфист. –2000. –Вып. 19. –С. 120-124.

УДК 622.647.2

Кирия Р.В., Максютенко В.Ю., Стаховский Е.А.

ЭКСТРЕМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЯГОВОЙ СПОСОБНОСТЬЮ МНОГОПРИВОДНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Поставлено задачу экстремального керування тягою багатoprиводного стрічкового конвейера з електродвигуном частотного керування. Дано алгоритм екстремального керування тягою багатoprиводного стрічкового конвейера.

EXTREMAL CONTROL OF TRACTIVE ABILITY OF MULTI DRIVING BELT CONVEYER

The chief task deals with the extremal control of the multidriving belt conveyer traction with the electric motor of frequency control. The algorithm of extremal control of multidriving belt conveyer traction is worked out.

В связи с выполнением программы «Фундаментальные исследования для кардинального увеличения эффективности добычи, переработки и обогащения угля» на базе нетрадиционных технологий и технических решений возникла проблема создания научных основ горно-транспортных машин высокого технического уровня.

Одним из путей решения этой задачи является применение в проектировании и управлении горно-транспортными машинами компьютерных технологий, существенно повышающих надежность и эффективность их работы.

Особое значение в этой связи имеет применение компьютеров для управления приводом ленточных конвейеров.

Из-за колебаний производительности при установившемся режиме многоприводных конвейеров кроме потерь электроэнергии также возникает неравномерное распределение тягового усилия между приводами [1], приводящее к пробуксовкам и сбоям в работе привода. Это приводит к снижению коэффициента запаса сцепления ленты на приводных барабанах ленточного конвейера.

Поэтому при колебаниях производительности в установившемся режиме многоприводных конвейеров очень важным является обеспечение

максимального коэффициента запаса сцепления при минимальных потерях электроэнергии [1].

Следовательно, задачу экстремального управления тяговой способностью привода ленточного конвейера можно сформулировать следующим образом. При изменении производительности необходимо управлять конвейером так, чтобы при незначительных потерях энергии тяговая способность привода конвейера достигла максимума.

Реализовать эту задачу управления возможно с помощью электропривода с частотным управлением с применением ЭВМ.

Объектом управления в этой задаче является конвейер, транспортирующий горную массу в стационарном режиме, приводимый в движение двумя и более приводами с асинхронными электродвигателями.

Такая система экстремального управления называется настройкой [2]. Задачей этой системы управления является достижение экстремальной цели. Т.е. для каждого изменения погонной нагрузки с помощью управления достичь максимума тяговой способности, которая характеризуется коэффициентом запаса сцепления. Коэффициент запаса сцепления определяется отношением величины дуги сцепления к величине дуги обхвата лентой барабана конвейера.

Ранее была решена задача распределения тягового усилия между приводами конвейера в стационарном режиме его движения [1].

Уравнения, связывающие силы тяги на каждом приводе и силы сопротивления движению ленты с натяжениями в точках набегания и сбегания на приводных барабанах, имеют вид

$$\begin{cases} W_{i+1} = \frac{M_{ni+1}}{S_{n,i+1}} \left[1 - \frac{V_{0i}}{V_{0,i+1}} \left(1 - \frac{S_{ni}}{M_{ni}} W_i \right) \left(1 - \frac{W_i - W_{i+1}}{E_0} \right) \right], & (i=1,2,\dots,n-1); \\ \sum_{i=1}^n W_i = W_c, \end{cases} \quad (1)$$

где W_i — тяговое усилие на i -ом приводном барабана, Н;

$W_{i,i+1}$ — сопротивление ленты между i -м и $(i+1)$ -ым приводными барабанами, Н;

M_{ni} , S_{ni} — номинальные момент и скольжение электродвигателя i -го привода соответственно;

V_{0i} — синхронная скорость электродвигателя на i -ом приводе;

n — количество приводов ленточного конвейера;

E_0 — агрегатная жесткость ленты конвейера, Н/м;

W_c — суммарная сила сопротивления движению ленты, Н.

При этом выполняется равенство

$$\sum_{i=1}^n W_{i+1} = W_c. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) с учетом (2), определим тяговое усилие на приводах конвейера W_i .

Для натяжений в ленте в точках набегания и сбегания с приводных барабанов конвейера справедливы равенства

$$\begin{cases} H_{нб,i+1} - H_{сб,i} = W_{i+1}; \\ H_{нб,i} - H_{сб,i} = W_i, \end{cases} \quad (3)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

где $H_{нб,i}$, $H_{сб,i}$ — усилия в ленте в точках набегания и сбегания на барабане i -го привода, Н.

Следовательно, зная W_i , из системы равенств (3) можно определить $H_{нб,i}$, $H_{сб,i}$.

Значения W_i можно определить из уравнения естественной части ступенчатой характеристики электродвигателя

$$S_i = \frac{S_{нi}}{M_{нi}} W_i R_i, \quad (4)$$

где R_i — радиус i -го барабана, м;

S_i , $S_{нi}$ — рабочее и номинальное скольжения i -го электродвигателя соответственно.

В свою очередь линейные скорости приводных барабанов и частоты вращения двигателей связаны соотношениями

$$V_i = V_{0i}(1 - S_i); \quad (5)$$

$$n_i = \frac{V_i 60 z_i}{2\pi R_i}, \quad (6)$$

где V_{0i} — синхронные скорости электродвигателя i -го двигателя;

z_i — передаточное число редуктора i -го привода.

Синхронные скорости V_{0i} определяются по формуле

$$V_{0i} = \frac{n_{0i} 2\pi R_i}{60 z_i}, \quad (7)$$

где n_{0i} — синхронные частоты двигателей.

Таким образом, тяговое усилие W_i определяется частотой вращения i -го приводного барабана.

Согласно работе [1] тяговая способность привода ленточного конвейера характеризуется коэффициентом запаса сцепления, который определяется как отношение угла сцепления ленты с барабаном i -того привода к углу обхвата лентой этого барабана

$$k_{ci} = \theta_i / \alpha_i. \quad (8)$$

За критерий качества в задаче управления многоприводным ленточным конвейером принимается наименьшее значение из k_{ci} , т.е.

$$K = \min_i k_{ci}.$$

Если α_i заданы, то θ_i определяются из уравнения [3]

$$\frac{H_{нб,i}}{H_{сб,i}} = \left[1 + \frac{\mu}{k} \operatorname{th}(k\theta_i) \right] e^{\mu(\alpha_i - \theta_i)}, \quad (9)$$

где $k = \sqrt{\frac{1-\nu}{2}}$;

μ — коэффициент трения ленты о приводной барабан;
 ν — коэффициент Пуассона ленты в случае жесткого барабана и футеровки — в случае футерованного барабана.

Кроме того, из условий работоспособности конвейера на систему уравнений (3) накладываются ограничения:

- по условию сцепления ленты с барабаном на i -ом приводе

$$\frac{H_{нб,i}}{H_{сб,i}} < e^{\mu\alpha_i}; \quad (10)$$

- по условию запаса прочности ленты

$$k_s H_{\max} < S_{раз}; \quad (11)$$

- по условию непровисания ленты

$$H_{\min} \geq S_0, \quad (12)$$

где k_z — коэффициент запаса прочности ленты конвейера;

$S_{раз}$ — величина разрывного усилия ленты конвейера, Н;

H_{\max} , H_{\min} — соответственно максимальное и минимальное натяжение в ленте, Н;

S_0 — натяжение ленты, при котором реализуется предел провисания ленты конвейера, Н.

Сопrotивление движению ленты на груженном участке определяется по формуле [4]

$$W_c = (q_l + q_z) \omega_c L, \quad (13)$$

где q_l , q_z — погонный вес ленты и груза соответственно, кг/м³;

ω_c — коэффициент сопротивления движению ленты по роликам грузеной ветви;

L — длина грузеной части ветви, м.

С другой стороны, распределение силы тяги между приводами зависит от частоты вращения электродвигателей, силы сопротивления движению ленты по роликоопорам, которая, в свою очередь, зависит от погонной нагрузки и коэффициента сопротивления.

Следовательно, задача экстремального управления тяговой способностью привода ленточного конвейера в математической форме может быть сформулирована следующим образом. При изменении погонной нагрузки на конвейер q_z необходимо найти такие значения частот вращения электродвигателей приводов n_i , для которых критерий тяговой способности привода K принимал максимальное значение при ограничениях (10)-(12).

На основании математической модели был разработан алгоритм экстремального управления тяговой способностью многоприводного ленточного конвейера, заключающийся в следующем:

1) сигнал от датчика, фиксирующего текущую погонную нагрузку q_z на ленте конвейера, поступает на вычислительное устройство (ЭВМ) блока управления. По значению q_z определяются силы сопротивления движению ленты $W_{i,i+1}$ на каждом участке между приводными барабанами и суммарная сила сопротивления всего конвейера W_c по (13);

2) методом зондирования определяется область управляемости конвейера, т.е. те значения приводных моментов M_i для заданной погонной нагрузки, при которых выполняются ограничения (10)-(12);

3) по полученным моментам привода M_i из уравнения (1) определяются значения V_{0i} , а по формуле (7) — частоты вращения электродвигателей n_i ;

4) по заданным M_i из уравнений (3) определяются натяжения $H_{нб,i}$, $H_{сб,i}$ и H_{max} , H_{min} ;

5) общее количество точек (вариантов) зондирования равно $m = 10^n$, для двухприводного конвейера $m = 10^2 = 100$;

6) для каждого из этих вариантов проверяются условия (10)-(12). Те варианты, для которых эти условия не выполняются, отбрасываются. Оставшиеся варианты образуют область управляемости (работоспособности) системы;

7) по формулам (8) и (9) определяются углы сцепления θ_i и коэффициенты k_{ci} для каждого приводного барабана. Из полученных значений k_{ci} определяется наименьший из них K , являющийся критерием эффективности управления;

8) из множества вариантов θ выбирается тот, для которого критерий K принимает максимальное значение.

Полученные значения угловых скоростей n_i для этого варианта являются экстремальными (для данной погонной нагрузки), т.е. для них K будет максимальным.

Таким образом, поставлена задача экстремального управления тягой многоприводного ленточного конвейера, разработан алгоритм его применения. Это позволяет, в случае реализации его на ЭВМ, снизить потери электроэнергии и уменьшить количество пробуксовок и сбоев в работе привода ленточного конвейера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирия Р.В., Максютенко В.Ю., Стаховский Е.А. К вопросу оптимального распределения тягового усилия между приводами ленточного конвейера // Геотехническая механика. — Днепропетровск: ИГТМ НАНУ. — 2000. — Вып. 21. — С. 122-126.
2. Растринг Л.А. Системы экстремального управления. — М.: Наука, 1974. — 631 с.
3. Кирия Р.В., Стаховский Е.А. О взаимодействии упругой ленты с барабаном ленточного конвейера // Науковий вісник НГАУ. — 2000. — № 6. — С. 44-48.
4. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. — М.: Машиностроение, 1978. — 392 с.