

Я. Л. Либерман,

доц., канд. техн. наук

К. Ю. Летнев,

ст. преп.

Уральский федеральный университет,

Екатеринбург

Л. Н. Горбунова,

доц., канд. техн. наук

Сибирский федеральный университет,

Красноярск

СИСТЕМА РЕЗОНАНСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ

Рассматривается принцип построения вибрационного конвейера с системой управления частотой колебаний, создаваемых вибровозбудителем, с их самонастройкой в резонанс с собственными колебаниями лотка с грузом.

Ключевые слова: резонанс, вибрационный конвейер, вибровозбудитель, колебания, частота, энергопотребление.

RESONANCE-BASED CONTROL SYSTEM FOR OSCILLATING CONVEYORS

The article examines a concept of designing an oscillating conveyor with frequency control system for vibrations caused by the vibration generator and self-tuned, using the system, in resonance with eigen-oscillation of a loaded cradle.

Keywords: resonance, oscillating conveyor, vibration generator, oscillation, frequency, power consumption.

Как известно, в различных отраслях промышленности широко используются вибрационные конвейеры, и задача снижения энергопотребления для них актуальна, поскольку ее стоимость в нашей стране растет чрезвычайно быстро. Вибрационные конвейеры обычно содержат лоток, закрепленный на основании на упругой подвеске с помощью наклонных плоских пружин или пружинных стержней. Кроме того, они имеют в своем составе вибровозбудитель — электромагнит переменного тока, электродвигатель с эксцентрик и т. п. Вибровозбудитель устанавливается на основании конвейера с возможностью взаимодействия с лотком. Когда вибровозбудитель (он обычно питается от источника переменного тока, если электромагнитный, и от источника переменного или постоянного тока, если какой-либо иной), то, взаимодействуя с лотком, заставляет последний совершать колебания. Поскольку пружины, на которых установлен лоток, наклонные, эти колебания имеют вертикальную и горизонтальную составляющие. Возникающие в результате действия этих составляющих силы трения скольжения перемещаемого груза и силы инерции груза вызывают движение груза по лотку.

Цель работы: снижение энергопотребления вибрационного конвейера.

Для того чтобы снизить потребляемую мощность вибровозбудителя и его энергопотребле-

ние, частоту колебаний, создаваемых вибровозбудителем, обычно выбирают близкой к частоте собственных колебаний лотка с грузом. В таком случае при эксплуатации вибрационный конвейер работает в резонансной зоне. Однако масса перемещаемого по лотку груза может быть разной, поэтому и частота собственных колебаний лотка с грузом может быть разной. Для того чтобы оставаться в резонансной зоне, частоту колебаний вибровозбудителя нужно тоже изменять.

Принцип построения вибрационного конвейера с системой управления частотой колебаний, создаваемых вибровозбудителем, с их самонастройкой в резонанс с собственными колебаниями лотка представлен на рис. 1 [1]. На этом рисунке: 1 — лоток, закрепленный на основании 2 с помощью плоских пружин 3; 4 — вибровозбудитель лотка, установленный на основании с возможностью взаимодействия с лотком; 5 — регулятор частоты, содержащий на входе двухходовой сумматор; 6 — первый задатчик, выход которого соединен с первым входом сумматора, установленного на входе регулятора 5. Имеются в системе также датчики деформации 7 пружин 3; сглаживающие фильтры 8, вход каждого из которых соединен с одним из датчиков 7; сумматор 9, входы которого связаны с выходами фильтров 8; второй задатчик 10; блок деления 11, первый вход которого, предназначенный для ввода делимого, соединен

с задатчиком 10, а второй вход, предназначенный для ввода делителя, связан с выходом сумматора 9; блок извлечения квадратного корня 12, вход которого соединен с выходом блока деления 11. При этом выход регулятора 5 соединен с вибровозбудителем 4, а второй вход его входного сумматора соединен с выходом блока 12.

Перед работой система должна быть настроена. Для этого сначала определяют жесткость G установки лотка 1 на пружинах 3. Это можно сделать, зная жесткость пружин, по формуле

$$G = \Sigma G_i,$$

где G_i — жесткость i -й пружины.

Затем с помощью задатчика 10 нужно ввести сигнал, пропорциональный G , в блок деления 11. Далее лоток 1 вибрационного конвейера следует загрузить грузом массы M . На выходах датчиков 7 появятся сигналы, сумма которых будет отображать M . На выходе первого сумматора 9 возникает соответствующий сигнал. Он поступит на второй вход блока деления 11, который выдаст сигнал

$$U = K \frac{G}{M},$$

где K — коэффициент пропорциональности.

Этот сигнал поступит на блок 12, который выдаст на выходе сигнал:

$$f = \left[K \frac{G}{M} \right]^{1/2},$$

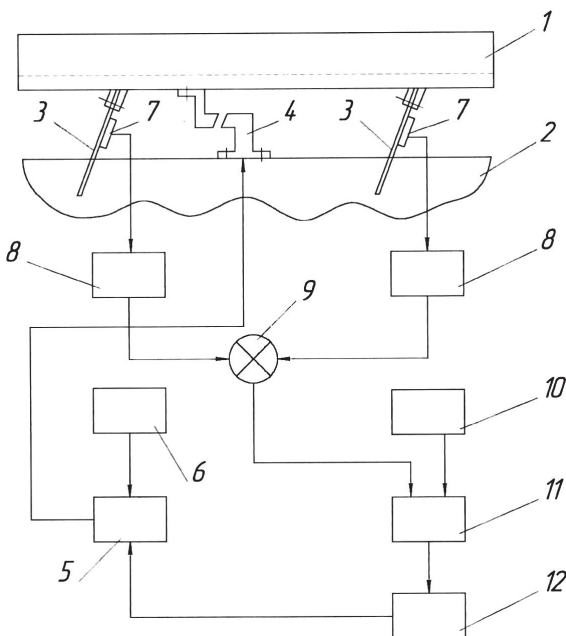


Рис. 1. Схема управления вибрационным конвейером

приблизительно соответствующий частоте собственных колебаний лотка, заполненного грузом массой M (в M входит и масса лотка). Сигнал с выхода блока 12 поступит на второй вход входного сумматора регулятора 5, и на выходе блока 5 появится сигнал, заставляющий вибровозбудитель 4 работать с частотой, более или менее близкой к f . Изменяя затем K задатчиком 10 и подавая корректирующий сигнал на первый вход входного сумматора регулятора 5, можно далее настроить вибровозбудитель 4 в резонанс с частотой собственных колебаний лотка с требуемой точностью.

В процессе эксплуатации вибрационного конвейера масса груза, находящегося в лотке 1 в каждый момент времени, равна некоторой текущей величине M . Поскольку лоток, перемещая груз, вибрирует, на выходах датчиков 7 возникают периодически изменяющиеся сигналы (обычно синусоидальные). Эти сигналы проходят через фильтры 8, где колебания сглаживаются и усредняются (на выходе каждого фильтра будет сигнал, примерно равный среднему значению поступающего на него периодического сигнала). Сигналы с выходов фильтров 8 сложатся первым сумматором 9, который выдаст сигнал, характеризующий массу M груза, находящегося в данный момент на лотке 1. Так же, как и при настройке, на выходе блока 12 появится сигнал, отображающий частоту собственных колебаний лотка 1 с грузом массой M , но уже такой, которая имеет место в данный момент. Этот сигнал пройдет через блок 5 и поступит на вибровозбудитель 4, заставляя его работать с вынужденной частотой, близкой к частоте собственных колебаний лотка с грузом, т. е. в резонансной зоне. Так будет происходить при различных значениях M , а значит, вибрационный конвейер будет работать с минимальными энергетическими затратами при всевозможных изменениях массы перемещаемых грузов.

Следует отметить, что производительность Q вибрационного конвейера при этом всегда будет оставаться постоянной, так как она равна

$$Q = RMV,$$

где R — некоторый коэффициент пропорциональности; V — скорость перемещения груза по лотку.

Если M увеличится, то частота, создаваемая вибровозбудителем, уменьшится, а значит, уменьшится V . Но, если M уменьшится, то V увеличится. Таким образом, произведение MV будет оставаться примерно постоянным при разных M , а отсюда и $Q \approx \text{const}$.

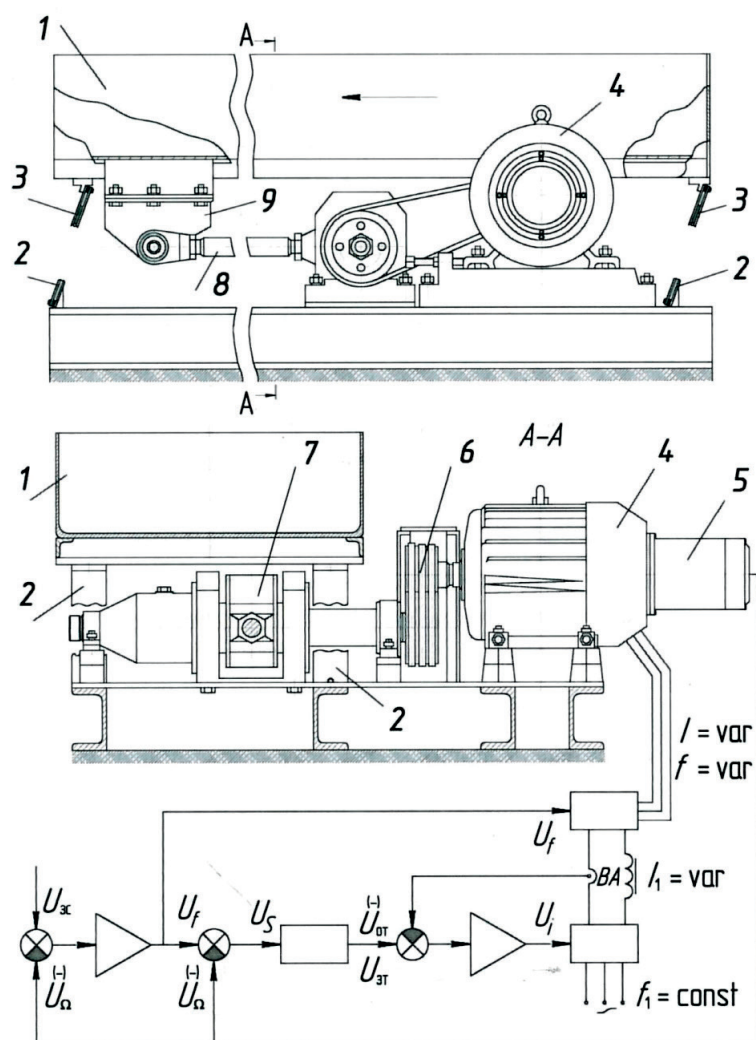


Рис. 2. Вибрационный конвейер

Конструктивно конвейер, входящий в рассмотренную систему, может быть выполнен по-разному, в частности, так, как показано на рис. 2, где 1 — лоток; 2 — плоские пружины, состоящие каждая из двух пластин, между которыми размещен тензодатчик 3; 4 — асинхронный электродвигатель с тахогенератором 5, совместно с ременной передачей 6, эксцентриковым передаточным меха-

низмом 7, упругим шатуном 8 и кронштейном 9 образующий вибровозбудитель лотка 1.

Электродвигатель, примененный в вибрационном конвейере, имеет мощность 2 кВт. Если бы система управления конвейером не могла при изменении массы транспортируемого груза подстраиваться в резонанс, то мощность электродвигателя пришлось бы увеличить на 30–40 %.

Список литературы

1. Пат. № 130978, Российская Федерация. Вибротранспортер. № 2012148322/11 : заявл. 13.11.2012 : опубл. 10.08.2013 / Я. Л. Либерман, А. И. Хвостикова.