

ОПТИМИЗАЦИЯ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ ШАХТНЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ НА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОСНОВЕ

Борисов А.А., Яремко И.Н., Жукова Н.В.
Донецкий государственный технический университет
Кафедра АТ

Abstract

Borisov A. and other Optimization of a starting condition of a mine conveyor line on a multicriteria basis on a vectorial criterion of optimization. In this article are represented a principle and structure of a system of optimization of a starting condition of a mine conveyor line on a multicriteria basis on a vectorial criterion of optimization, which characterizes a condition of start-up in a complex, in view of a reliability of a system, safety of operation, profitability and speed.

Существуют различные способы автоматического пуска конвейерных линий [1]: по времени разгона, по току (моменту) двигателя, по скорости движения ленты конвейера и др. При этом синхронизация механизмов, программа пуска системы конвейерных линий осуществляется на базе электромеханических блокировок и аварийных защит, например, при пуске механизмов системы от начала или с конца технологического потока грузов [1].

Хотя, в принципе, критерием оценки пускового режима может быть любой из перечисленных выше, ни один из них не может характеризовать режим пуска в комплексе, с учетом надежности системы, безопасности функционирования, экономичности и быстродействия.

Возникает задача оценки и управления пусковым режимом на многокритериальной основе по векторному критерию оптимизации.

На рис.1. приведен принцип и структура системы оптимизации пускового режима на многокритериальной основе. Структура включает технологическую и управляющую части.

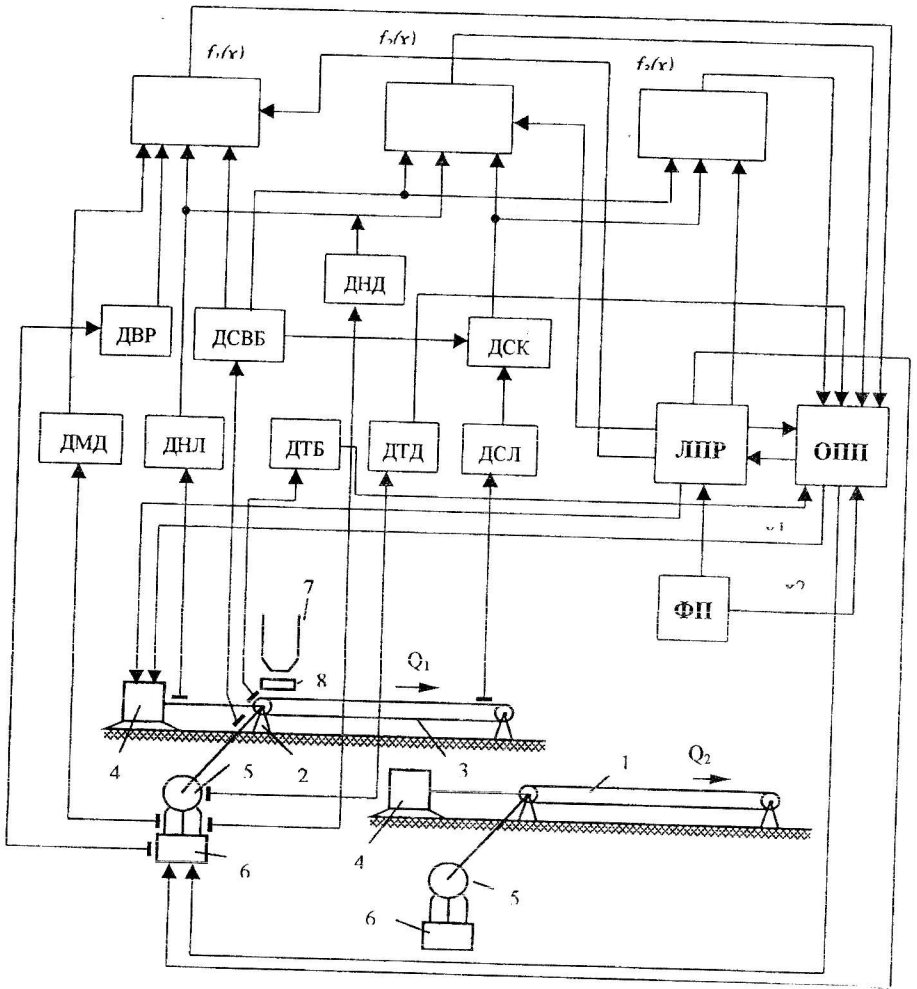


Рисунок 1 – Принцип и структура системы оптимизации пускового режима на многокритериальной основе

Технологическая часть состоит из системы конвейеров 1, с приводными барабанами 2 и конвейерной лентой 3; устройств натяжения 4 ленты конвейеров; приводов конвейеров 5; пусковых устройств 6 приводов; аккумулирующего бункера с бункерным дозатором 8 (в частности, аккумулирующий бункер 8 может отсутствовать). Управляющая часть (рис. 1)

включает: датчики моментов двигателей (ДМД), времени работы двигателя (ДВР), натяжения ленты конвейера (ДНЛ), скорости вращения барабана (ДСВБ), температуры приводного барабана (ДТБ), напряжения двигателя (ДНД) (на обмотках фазового ротора), температуры двигателя (ДТД), скорости ленты конвейера (ДСЛ), скольжения ленты на барабане (ДСК); модели формирования нагрева двигателя (МНД), нагрева приводного барабана (МНБ), интенсивности пускового режима (МИП), оптимизатор пускового процесса (ОПП), лицо, принимающее решения (ЛПР), блок формирования глобального критерия (ФП) в виде максимизации функции полезности.

Задача многокритериальной оптимизации пускового режима заключается в следующем.

Введем обозначения: $\eta = x_1$ - величина натяжения ленты конвейера, $U_v = x_2$ - управляющее напряжение двигателя (напряжение на обмотках фазного ротора), μ - ускорение разгона приводного двигателя, s - скольжение ленты относительно приводного барабана, M_d - момент двигателя (или мощность, потребляемая двигателем), V - скорость движения ленты, ω_b - скорость вращения приводного барабана, t_n - время работы двигателя до окончания пуска, T_b - температура барабана, T_d - температура двигателя.

Параметры x_1, x_2 - являются входными (управляющими), параметры $\mu, s, M_d, V, \omega_b, t_n, T_b, T_d$ - выходные, используемые для формирования критериев оценок $f_1 - f_3$ пускового режима в моделях МНД, МНБ и МИП.

Частные критерии оценки пускового режима формируются в виде:

$f_1(\mu, M_d, t_n, x_1, x_2)$ - критерий нагрева приводного двигателя;

$f_2(s, V, t_n, x_1, x_2)$ - критерий нагрева приводного барабана;

$f_3(\mu, M_d, V, x_1, x_2)$ - критерий быстродействия.

Глобальный критерий оптимизации пуска одиночного конвейера формируется в виде функции полезности $q_1(\bar{f})$, обеспечивающей "как можно более близкое" приближение к множеству одновременно недостижимых целей \bar{f} (например, максимум быстродействия - минимум нагрева двигателя).

Поскольку параметры μ , s , M_s , V , ω_s , t_n получаются в результате реализации процесса пуска, или являются константами, а управляющие параметры x_1 , x_2 входят во все критерии $f_1 - f_3$, для краткости обозначим вектор управления - $\bar{p} = (x_1, x_2)$, а критерии оценки $f_i(\bar{p})$.

Тогда, с учетом принятых обозначений задача формулируется в следующем виде:

найти

$$\underset{\bar{p}}{\text{Max}} \{q_1[f_1(\bar{p}), f_2(\bar{p}), \dots, f_n(\bar{p})], \quad (1)$$

$$\text{при } \bar{p} \in P, \quad \bar{f}(\bar{p}) \in F, \quad n = 1 \dots 3 \quad (2)$$

где $q_1[\bar{f}(\bar{p})]$ - функция ценности (полезности) для пускового режима, $f_1(\bar{p}) - f_n(\bar{p})$ - значения частных показателей критериев на множестве допустимых решений P (параметров p , влияющих на критерий $q_1(\bar{f})$), F - допустимое множество частных критериев $f_i(\bar{p})$ (область определения).

Предложены и разработаны человеко-машинные процедуры обобщения и повышения ценности функции полезности $q_1(\bar{f})$, базирующиеся на методе нелинейного программирования Франка-Вольфа [2]:

решение задачи складывается из следующих этапов:

1. Для каждого i -го критерия f_k ($i=1,3$) устанавливаются их предельные значения b_i . Каждое b_i устанавливается таким образом, чтобы увеличение (уменьшение) критерия f_k выше (ниже) этого значения не вызывало приращение ценности $\partial q_1/\partial f_i = 0$ при $f_i > b_i$. Здесь одновременно может производиться анализ чувствительности критериев функции полезности $q_1[\bar{f}(\bar{p})]$ (например влияние длительности пуска на нагрев двигателя, нагрева приводного барабана на значение функции полезности и др.).

2. Определяется градиент функции ценности в исходной точке

$P_K \in P$:

$$\nabla_{P,q_1} [\bar{f}(P)] = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial q_{1i}}{\partial f_i} \right)^K \nabla_{P,q_1} f_i(P_K), \quad (3)$$

где $\nabla_{P,q_1} f_i(P_K)$ – градиент f_i , вычисленный в точке P_K .

Поскольку, в общем случае, выражения $q[\bar{f}(P)]$ может быть неизвестно,

его можно исключить из (3) делением на любое постоянное число $\left(\frac{\partial q_{1i}}{\partial f_i} \right)^K$

($i = \overline{1,3}$). При использовании в качестве делителя частной производной $q_{1i}(\bar{f})$ по

первому критерию $\left(\frac{\partial q_{1i}}{\partial f_i} \right)^K$, выражение (3) будет иметь вид:

$$\text{Max}_j \sum w_i^K \nabla_{P,q_1} f_i(P_K) y, \quad (4)$$

$$w_{ii}^K = \frac{\left(\frac{\partial q_{1i}}{\partial f_i} \right)^K}{\left(\frac{\partial q_{1i}}{\partial f_i} \right)^K}, \quad (5)$$

где w_i^K – характеризует относительную важность для ЛППР первого и i -го критериев в исходной точке, y – оптимальное решение задачи.

3. w_i^K – устанавливается ЛППР из такого расчета, чтобы малое изменение Δ_1 первого критерия, компенсировало изменение Δ_i величины i -го критерия, при неизменных остальных (компромиссе по Парето).

4. Определяется оптимальное решение задачи поиска направления:

$$\text{Max}_{y \in P} \nabla_{P,q_1} [\bar{f}(P)] y \text{ и } d_K = y_K - P_K. \quad (6)$$

где d_K – направление наибольшего приращения функции полезности.

5. Определяется величина шага t_K относительно приращения параметров по заданному направлению решения задачи

$$\underset{0 \leq t_k \leq 1}{\text{Max}} q_1 [\bar{f}(\bar{p} + t d_k)], \quad 0 \leq t_k \leq 1, \quad (7)$$

затем делается следующий шаг оптимизации.

6. Если $q_1[f_k(p_k + t d_k)] \leq q_1[f_k(p_k)]$ процедура заканчивается.

Функционирование системы оптимизации заключается в следующем.

Вначале пуска (исходная точка P_k) известен только входной параметр натяжения ленты x_1 конвейера и номинальные параметры установки (мощность, момент, напряжение двигателя, скорость движения ленты, допустимое скольжение ленты, допустимая интенсивность пуска (время пуска), скорость вращения барабана). Первоначально задача оптимизации ((1) - (7)) решается ЛПР на моделях МНД, МНБ, МИП и в блоке ОПП на базе функции полезности (1) в ускоренном времени.

Для этого период оптимизации T_0 разбивается на K интервалов длительностью Δ_k , так чтобы на k -ом интервале датчиками на моделях могли быть четко зафиксированы приращения всех параметров. При известном натяжении ленты x_1 , последовательно задавая на каждом шаге управляющего напряжения x_2 (или интенсивности пуска μ), на моделях определяются выходные параметры (S , M_d , V , ω_s , t_n , T_6 , T_d), меняющиеся в зависимости от интенсивности пускового режима, натяжения и сцепления ленты с приводным барабаном. С учетом приращений параметров на предыдущем шаге определяется состояние конвейерной линии на последующем шаге. Далее, попарным замещением приращений «весов» критериев w_i^k на базе компромисса по Парето, ЛПР решается задача (4) нелинейного программирования [2] и отыскивается максимум (1) функции полезности. Найденные оптимальные значения параметров $\bar{P}_0 = (x_{10}, x_{20})$ вводятся блоком ОПП или ЛПР в устройства 6 управления приводами конвейеров и 7 натяжения ленты барабанов для исполнения.

В случае недопустимого расхождения результатов полученных на модели и в реальном режиме пуска, на каждом шаге может производиться коррекция

весов w_i^k критериев f_i , а следовательно и параметров оптимизации x_{10} , x_{20} , чем исключается возможность возникновения аварийных режимов.

Таким образом, приведенные принцип и структура системы оптимизации пускового режима на многокритериальной основе обеспечивают автоматический пуск конвейерных линий на основе критерия, который характеризует режим пуска в комплексе, с учетом надежности системы, безопасности функционирования, экономичности и быстродействия и приводит к исключению возникновения аварийных режимов.

Литература

1. Батицкий В.А., Куроезов В.Н., Рыжков А.А. Автоматизация производственных процессов и АСУТП в горной промышленности. – М.: Недра, 1991, -303с.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. Изд-во МИР, М.: 1975, - 534 с.