

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТЫ КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Култыгина А.Ю., студ.; Неежмаков С.В., доц., к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР)

В связи с необходимостью наличия в шахтных условиях надежного, необходимой мощности и управляемого источника движения воздуха, в качестве основного источника этих сил используется вентиляторы. На их привод расходуется значительное количество электроэнергии. В частности, в горной отрасли на привод вентиляторов, обслуживающих шахту, уходит от 8 до 10% электроэнергии расходуемой всей шахтой. Если снизить производительность – снижается качество шахтной атмосферы, если производительность будет превышать необходимую – вентиляторная установка будет потреблять избыточное количество электроэнергии. В связи с этим, создание устройства постоянного контроля и регулирования вентиляторов имеет большое экономическое значение.

В условиях шахты им. А.А. Скочинского используется вентиляторная установка главного проветривания ВЦД-32. Технические характеристики ВЦД-32 представлены в таблице 1, аэродинамические характеристики на рисунке 1.

Таблица 1 - Технические характеристики ВЦД-32

| Параметр | Величина |
|--|----------|
| Напряжение, В | 6000 |
| Производительность номинальная, м ³ /час | 720000 |
| Частота вращения, об/мин | 300-600 |
| КПД статический, % | 86 |
| Масса вентилятора (без учета массы электродвигателя) | 28250 |
| Давление статическое, Па | 4700 |

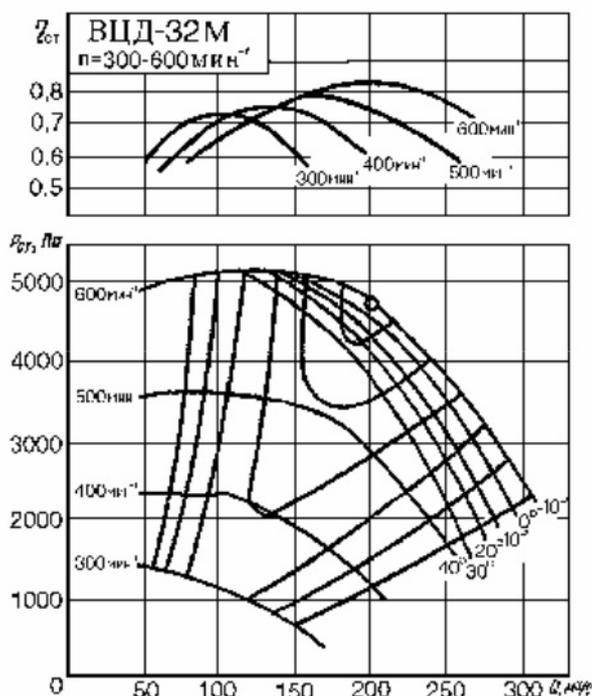


Рисунок 1 – Аэродинамические характеристики ВЦД-32

Анализ результатов исследований, представленный в [1] показал, что вентиляторная установка и капитальные выработки в пусковом режиме, как объект автоматизации, представляют собой объект с самовыравниванием и в динамическом отношении могут быть представлены функцией в виде апериодического звена первого порядка с запаздыванием:

$$W(s) = e^{-s\tau} \frac{k}{T*s+1}, \quad (1)$$

где k – передаточный коэффициент, характеризующий свойство звена в статическом режиме и численно равный производительности вентилятора в рабочей точке Q_1 , м³/с;

τ – транспортное запаздывание, характеризующее задержку сигнала во времени в протяженной вентиляторной выработке, с;

T – постоянная времени характеризующая инерционность звена с.

Параметры τ и T вычисляются по формулам (3) и (4).

График линейной части переходной характеристики описывается уравнением:

$$h(t) = k \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) * 1(t), \quad (2)$$

и характеризует переходной процесс в рассматриваемом звене при нулевых начальных условиях и ступенчатом воздействии.

$$T = \frac{\rho_{\omega} * L}{\omega * (B+R)(Q_1 - Q_2)} = 30c \quad (3)$$

$$\tau = T * \ln \left[\frac{(P/2 - Q_2)(Q_1 - P/2)}{Q_1 * Q_2} \right] = 210c \quad (4)$$

где Q_1 , Q_2 и P – это корни и коэффициент характеристического уравнения инерционного давления $P_n = \varphi(Q)$, м³/с;

R – гидродинамическое сопротивление выработки,

L – длина выработки, м;

ω – площадь поперечного сечения выработки, м²;

ρ_{ω} – плотность воздуха выработки;

B – эмпирический коэффициент уравнения напорной характеристики вентилятора, определяемый по формуле:

$$B = 0.297 * (\bar{\theta})^{-1.238} \quad (5)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\theta_i}{\theta_{max}}, \quad (6)$$

где θ_i – текущее значение угла установки лопатки;

θ_{max} – максимальный угол установки лопатки, при котором направляющий аппарат считается полностью открытым (90°).

Представленную модель вентиляторной установки и капитальных выработок в пусковом режиме в виде апериодического звена первого порядка, включенным последовательно с звеном запаздывания, промоделируем в пакете SIMULINK, среды MATLAB (рис. 2).

Результаты моделирования показаны на графике переходного процесса (рис 3). Синий график – изменение производительности вентилятора главного проветривания, красный график – расход воздуха в капитальных выработках.

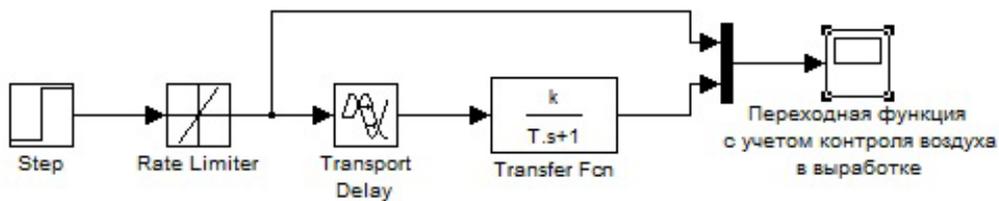


Рисунок 2 – Модель вентиляторной установки и капитальных выработок в пусковом режиме в пакете SIMULINK

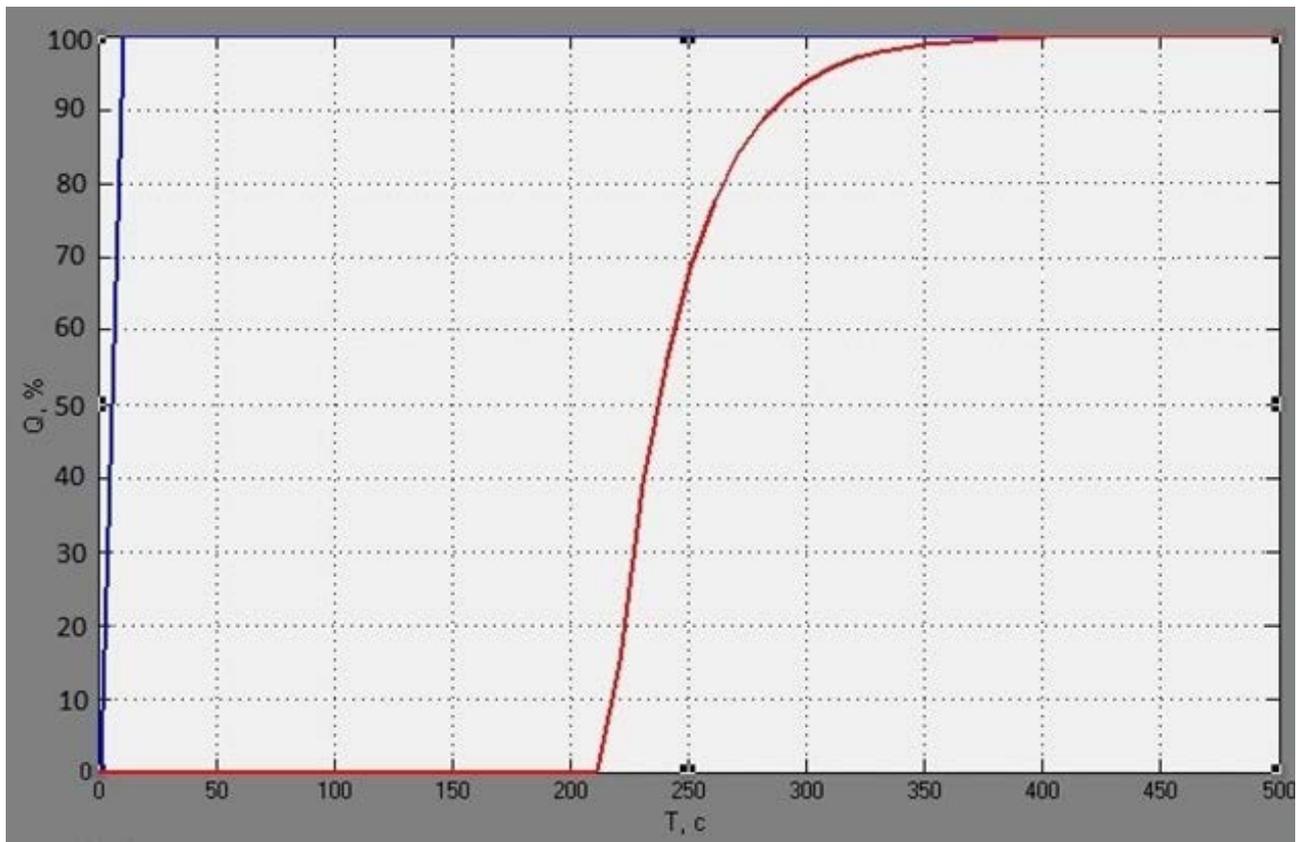


Рисунок 3 – Результаты моделирования производительности вентиляторной установки в пусковом режиме в пакете SIMULINK

По полученному переходному процессу можно сделать вывод, что система автоматизации, учитывающая не только производительность вентиляторной установки, а также и расход воздуха в капитальных выработках, будет наиболее эффективной для управления вентиляторной установкой главного проветривания шахты.

Перечень ссылок

1. Методология расчётов гидродинамических параметров шахтных автоматизированных стационарных установок с центробежными нагнетателями / Э.К. Никулин, И.В. Ковалева, К.Н. Маренич – Донецк, 2015. – 134 с.
2. Черных И.В. «Simulink: Инструмент моделирования динамических систем». www.exponenta.ru.
3. Братченко Б. Ф., «Стационарные установки шахт». – М. «Недра», 1977. – 440 с.