

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГЛАВНОЙ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ ШАХТЫ

Карпуша А.В., магистрант; Неежмаков С.В., доц., к.т.н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

В силу ограниченного пространства и не малой глубины, подземные горные выработки подвержены скоплению различных вредностей природного и техногенного характера, что в свою очередь неизбежно воздействует на людей, находящихся в горной выработке. Это приводит к ухудшению условий труда, к ухудшению здоровья рабочих, все это ограничивает возможности проведения производственных процессов.

Поэтому, одним из важнейших звеньев сложной технологической системы шахты, является система вентиляции шахтных выработок, перед которой стоит задача борьбы с вредностями в подземных горных выработках – их разжижение подаваемым в выработки свежим воздухом до допустимых концентраций. От надежной, безотказной работы системы проветривания полностью зависит безопасность, а зачастую и жизни людей, работающих в шахте.

В связи с необходимостью наличия в шахтных условиях надежного, необходимой мощности и управляемого источника сил движения воздуха, в качестве основного источника этих сил используется вентилятор. В частности, в горной отрасли на привод вентиляторов, обслуживающих шахту, уходит до 8-10% электроэнергии расходуемой всей шахтой. Поэтому, создание высокоэкономичных вентиляторов и правильное их использование имеет большое экономическое значение.

Рассмотрим способ регулирования производительностью вентиляторной установки с помощью системы автоматического регулирования (САР). Для этого представим структурную схему нашей САР производительностью вентиляторной установки (ВУ), составленную в математическом пакете MATLAB, рисунок 1.

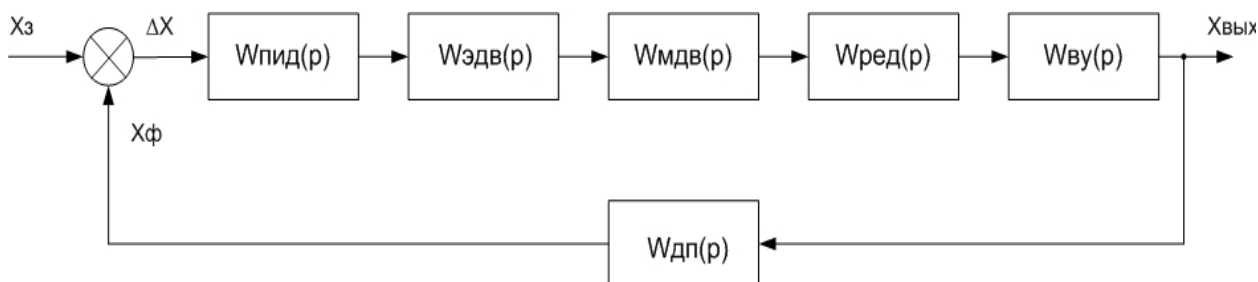


Рисунок 1 – структурная схема системы автоматического регулирования (САР)
производительностью вентиляторной установки

На структурной схеме представлены: $W_{пид}(p)$ – передаточная функция ПИД-регулятора; $W_{эдв}(p)$ – передаточная функция электромагнитной составляющей двигателя; $W_{мдв}(p)$ – передаточная функция механической составляющей двигателя; $W_{ред}(p)$ – передаточная функция редуктора; $W_{ву}(p)$ – передаточная функция вентиляторной установки; $W_{дп}(p)$ – передаточная функция датчика производительности.

САР вентиляторной установки действует следующим образом: напряжение U_f , соответствующее фактической производительности вентилятора сравнивается с уставкой U_z , и разность этих напряжений является заданием для регулятора. Затем ПИД-регулятор вырабатывает сигнал управления и воздействует на двигатель направляющего аппарата лопаток вентиляторной установки. Применение ПИД-регулятора позволяет регулировать производительность за счет воздействия на двигатель направляющего аппарата вентилятора.

В качестве привода для поворота лопаток направляющего вентилятора рассмотрен асинхронный двигатель типа 4А100ЛЗУЗ.

Передаточная функция двигателя делится на две составляющие:

1. Передаточная функция электромагнитной составляющей двигателя.

$$W_{\text{эдв}}(p) = \frac{K_{\text{дв}}}{T_{\text{э}} \cdot p + 1} = \frac{3}{0,008 \cdot p + 1} \quad ;$$

где $K_{\text{дв}}$ – коэффициент передачи двигателя, $K_{\text{дв}}=3$;

$T_{\text{э}}$ – постоянная времени электромагнитной составляющей двигателя, $T_{\text{э}}=0,008\text{с}$;

$$\text{Тогда } W_{\text{эдв}}(p) = \frac{3}{0,008 \cdot p + 1} \quad .$$

$$T_{\text{э}} = \frac{L_2''}{R_2'} \quad ;$$

L_2'' – эквивалентная приведенная индуктивность обмотки ротора. $L_2''=0,000637\text{Гн}$.

R_2' – приведенное активное сопротивление ротора. $R_2'=0,079\text{Ом}$

Тогда $T_{\text{э}}=0,008\text{с}$.

2. Передаточная функция механической составляющей двигателя.

$$W_{\text{мдв}}(p) = \frac{1}{T_{\text{м}} \cdot p + 1} = \frac{1}{0,0586 \cdot p + 1} \quad ;$$

где $T_{\text{м}}$ – постоянная времени механической составляющей двигателя, $T_{\text{м}}=0,0586\text{с}$.

$$\text{Тогда } W_{\text{мдв}}(p) = \frac{1}{0,0586 \cdot p + 1} \quad .$$

$$T_{\text{м}} = \frac{J \Omega_0}{M_{\text{п.ф.}}} \quad ;$$

J – момент инерции двигателя. $J=0,1\text{кг} \cdot \text{м}^2 \quad ;$

Ω_0 – синхронная угловая скорость двигателя. $\Omega_0=149,73 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad ;$

$M_{\text{п.ф.}}$ – фиктивное значение пускового момента. $M_{\text{п.ф.}}=255\text{Н} \cdot \text{м} \quad ;$

Передаточная функция вентиляторной установки имеет вид:

$$W_{\text{ву}}(p) = \frac{K_{\text{ву}}}{T_{\text{ву}} \cdot p + 1} \quad ,$$

где $K_{\text{ву}}$ – коэффициент вентиляторной установки $K_{\text{ву}}=30$;

$T_{\text{ву}}$ – постоянная времени вентиляторной установки, $T_{\text{ву}}=0,384\text{с}$;

$$T_{\text{ву}} = \frac{L_a \cdot l}{R \cdot Q_{\text{в}} + R_{\text{в}}} \quad ;$$

$L_a=2461,12\text{нс}^2/\text{м}^5$ – акустическая масса участка выработки;

$l=800\text{м}$ – длина участка выработки;

$R=56,4 \cdot 10^3 \text{ нс}^2/\text{м}^5$ – аэродинамическое сопротивление сети;

$Q_{\text{в}}=90\text{м}^3/\text{с}$ – производительность вентилятора;

$R_{\text{в}}=56,4 \cdot 10^3 \text{ нс}^2/\text{м}^5$ – внутреннее сопротивление вентилятора.

Передаточную функцию редуктора при моделировании мы симитировали с помощью блока ограничения скорости изменения сигнала “RateLimiter”, в котором задали уровень ограничения скорости при увеличении сигнала в 20с.

Передаточная функция датчика производительности имеет вид:

$$W_{\text{дн}}(p) = \frac{1}{T_{\text{дн}} \cdot p + 1} ;$$

где $T_{\text{дн}}=0,001\text{с}$ – постоянная времени датчика производительности.

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид:

$$W_{\text{пид}}(p) = \frac{\beta(Tu \cdot p + 1)(T\text{д} \cdot p + 1)}{Tu \cdot p} .$$

Задавшись автоматическими настройками ПИД-регулятора мы получили следующие значения постоянных времени: $T\text{д}=0$ – постоянная времени дифференцирующей составляющей регулятора; $Tu=0,0102\text{с}$ – постоянная времени интегрирующей составляющей регулятора.

Результаты моделирования показаны в графике переходного процесса, на рисунке 2.

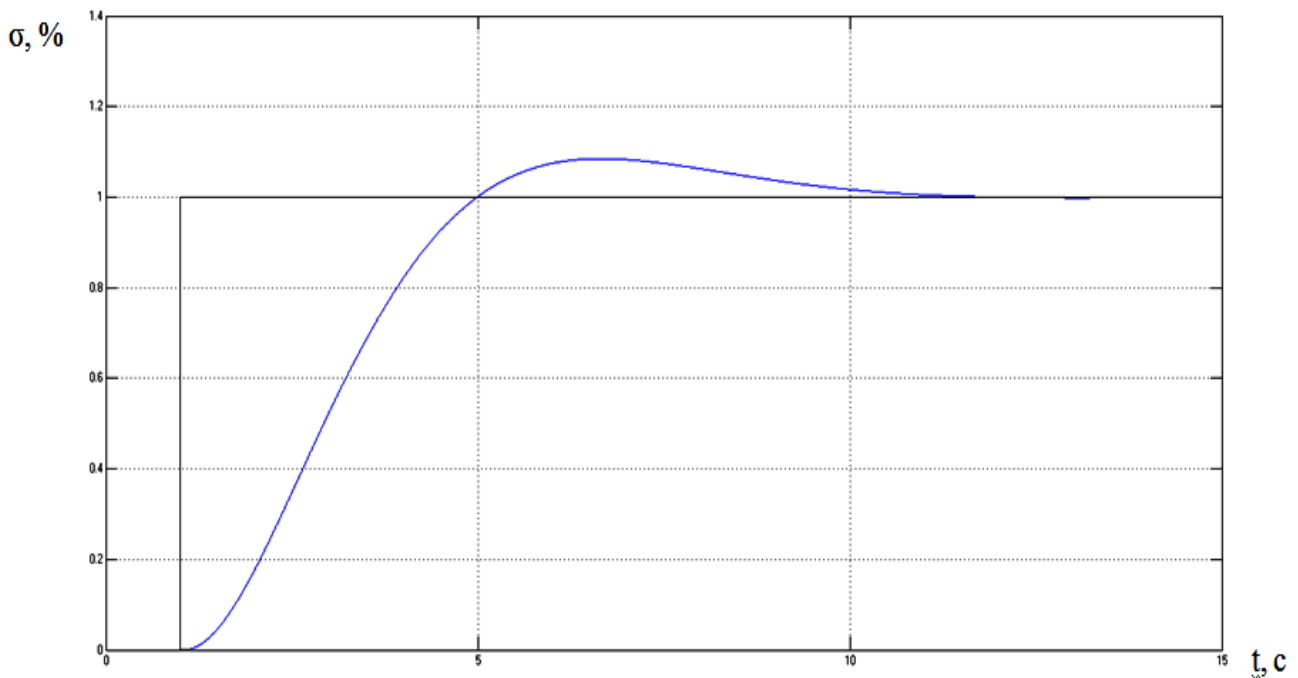


Рисунок 2 – Переходный процесс системы автоматического регулирования (САР) производительности вентиляторной установки.

По полученному переходному процессу получаем следующие данные: величина перерегулирования составляет не более 9%, а время переходного процесса составляет 12 секунд. По этим данным можно сказать, что наша САР является эффективной для достижения наилучших показателей производительности вентиляторной установки.

1. И.В.Черных. «Simulink: Инструмент моделирования динамических систем». www.exponenta.ru
2. Б.Ф.Братченко, «Стационарные установки шахт». – М. «Недра», 1977. – 440с.
3. В. А. Батицкий «АСУ ТП в горной промышленности». Москва «Недра» 1991.