

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Кузнецов Р.Е., студент; Ешан Р.В., ассистент.

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

Проведение работ в шахте или руднике, создание комфортных условий в подземных выработках зависят от работы вентиляторных и калориферных установок и состояния систем проветривания шахты.

На привод вентиляторов главного проветривания расходуется большое количество электроэнергии, поэтому необходимо рациональное использование ее. Следовательно, автоматизации и проектирование экономичной, надежной и долговечной САУ регулирования производительности является важной задачей. Однако автоматическое регулирование производительности представляет сложную техническую задачу, поскольку наряду с широким диапазоном изменения производительности необходимо обеспечить высокие экономические показатели и соответствующие ПБ условия в шахте [1].

Регулирование производительности вентиляторов осуществляется по информации, поступающей с датчиков метана, углекислого газа, давления, расхода воздуха и обрабатываемой в блоке управления в системе автоматического регулирования.

Производительность вентиляторной установки регулируется различными способами: изменение угла установки лопаток рабочего колеса, дроссельное (реализуется посредством установки вспомогательных регулирующих шиберных затворок, с помощью которых создается дополнительное сопротивление движению воздуха), изменение угловой скорости (частоты вращения) рабочего колеса, изменение направляющего (спрямляющего) аппарата. Экономичность регулирования зависит от многих условий (глубины регулирования, временных этапов работы при пониженных производительностях), поэтому наиболее лучший способ автоматизации, в каждом случае будет индивидуальный и выбираться индивидуально по предварительному анализу.

Способ изменения частоты вращения рабочего колеса реализован на установках с вентиляторами ВЦД-32 или ВЦД-40 на основе асинхронного машинно-вентильного каскада (АМВК). Регулирование угловой скорости двигателей вентиляторов производится путем подачи в их ротор противо-э.д.с. машин постоянного тока U_3 . Чем больше значение U_3 , тем меньше ток ротора двигателя вентилятора и момент, который он развивает. Вследствие этого уменьшается частота вращения рабочего колеса вентилятора и, следовательно, его производительность. При низкой частоте вращения (от 0,5 до 0,75 номинальной) машины постоянного тока соединяются последовательно. При больших скоростях (0,75 и выше) – машины постоянного тока соединяются параллельно. Пуск двигателей вентилятора производится с помощью роторных сопротивлений, которые затем отключаются. Энергия скольжения двигателей вентилятора рекуперируется в сеть.

Регулирование подачи вентиляторов изменением скорости электропривода имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими способами регулирования: высокая экономичность, которая зависит от экономичности регулируемого электропривода; возможность применения вентилятора простейшей конструкции без направляющего аппарата и устройства поворота лопаток колеса; расширенная область экономичной работы.

Существует асинхронно машинно-вентильные каскады с последовательно-параллельным включением машин постоянного тока и одной машинной постоянного тока.

Необходимо создать функциональную схему данной САУ (рисунок 1), т.е. совокупность блоков (звеньев) системы по выполняемым ими функциями, учитывая все входные, выходные воздействия в системе.

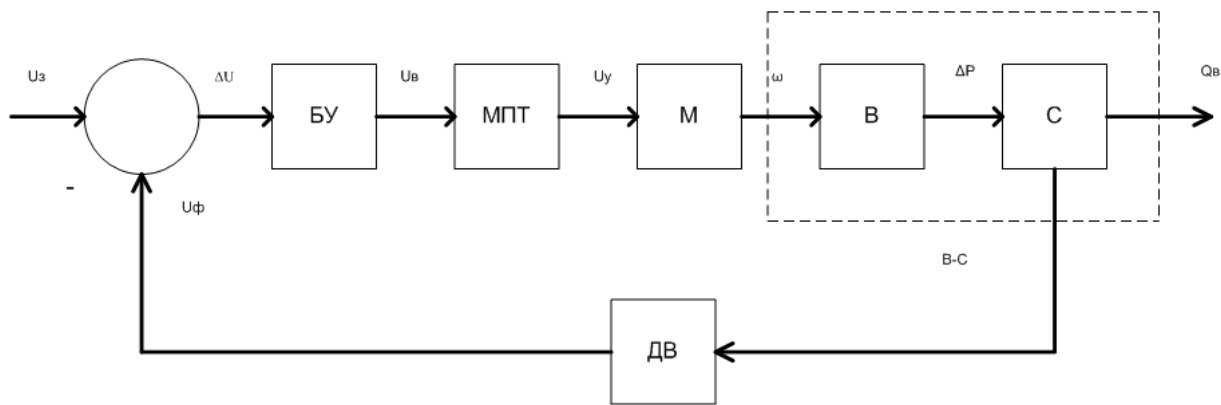


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ

БУ – блок управления

МПТ - машины постоянного тока

М – двигатель

В-вентилятор

С- вентиляционная сеть

ДВ - датчик воздуха

U_3 – задающее напряжение; $U_ф$ – фактическое напряжение с датчика скорости воздуха;

U_y – управляющее напряжение (противо-э.д.с.)

ΔU – сигнал рассогласования

ω – угловая частота вращения вала

ΔP – депрессия, создаваемая вентилятором

$Q_в$ – расход воздуха

Выходной параметр объекта – количество воздуха, в те участки объекта, где происходит измерение датчиком расхода воздуха. Входное воздействие – задание требуемой скорости вращения асинхронного двигателя.

Упрощенную передаточную функцию звена “вентиляционная сеть” можно записать[1]:

$$W_c(p) = \frac{K_B * e^{-p\tau}}{T_B p + 1} = \frac{1}{50p + 1},$$

K_B – коэффициент передачи выработки; $\tau = l/a$ - время чистого запаздывания (l – протяженность выработки, a – скорость потока воздуха); T_B – постоянная времени выработки

$$T_B = \frac{L_a * l}{R Q_в + R_B},$$

где L_a, l – соответственно акустическая масса и длина участка выработки; R – аэродинамическое сопротивление сети; $R_B, Q_в$ – соответственно внутреннее сопротивление и производительность вентилятора.

Блок управления и механизм машин постоянного тока описывают передаточной функцией апериодического звена первого порядка

$$W_{БУ-МП}(p) = \frac{K_{му}}{T_{му} p + 1} = \frac{0.1}{0.1p + 1},$$

где $K_{му}$ - коэффициент усиления;

$T_{му}$ = - постоянная времени.

Датчик расхода воздуха D в динамическом отношении представляют усилительным звеном с передаточной функцией

$W_d(p) = K_d = 1$, где K_d - коэффициент усиления датчика расхода воздуха.

Номинальные значения угловой скорости вращения электродвигателя рассчитывают по соотношению:

$$\omega_{дв} = \frac{\pi * n_{дв}}{30},$$

где $n_{дв}$ - частота вращения вала электродвигателя, оборотов/мин, выбирают по технической характеристике принятого двигателя. Передаточную функцию двигателя (ДВ) представляют так:

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_1 p + 1} = \frac{0.46}{0.54 p + 1}.$$

Передаточная функция вентилятора $W_v(p)$ может быть представлена аperiodическим звеном первого порядка:

$$W_v(p) = \frac{K_v}{T_v p + 1} = \frac{6}{30 p + 1},$$

где T_v – постоянная времени, а значение K_v - коэффициента усиления звена вентилятора устанавливают расчетным путем исходя из номинальных значений: угловой скорости вращения электродвигателя вентилятора ω_v и линейной скорости подачи воздуха V_v .

В соответствии с методикой, изложенной в [2], рассчитываем параметры ПИД-регулятора для описанного выше объекта управления. Использование ПИД-регулятора обеспечивает регулирование производительностью вентиляторной установки во всех режимах работы. Необходимо управлять производительностью вентилятора и всей системы, поддерживать производительность, для этого и используется ПИД-регулятор, он регулирует сигнал на необходимый уровень в зависимости от изменения показаний системы. Пропорциональная составляющая это разница между необходимым значением и текущим, работает в момент появления рассогласования уставки и объекта. Интегральная составляющая необходима для компенсации внешних воздействий на систему. Дифференциальная составляющая используется для урегулирования задержек между воздействием и реакцией системы.

Закон описывающий ПИД-регулятор представлен:

$$W_p(p) = K_v + \frac{1}{T_u p} + T_D p$$

Для передаточной функции объекта:

$$W_o(p) = \frac{k_o}{(T_{01} p + 1)(T_{02} p + 1)(T_{03} p + 1)},$$

где $T_{01}=50$ $T_{02}=50$ $T_{03}=0.56$ $k_o=0.276$

$$T_D = \frac{T_{02} * T_{03}}{8 * k_o} = 2764$$

$$K_D = 4 * T_{03} = 200$$

$$T_u = 50$$

На рисунке 2 представлена модель САУ вентилятора главного проветривания предназначенная для использования в программе Matlab, приложение визуального моделирования Simulink для изучения влияния ПИД-регулятора на динамические характеристики.

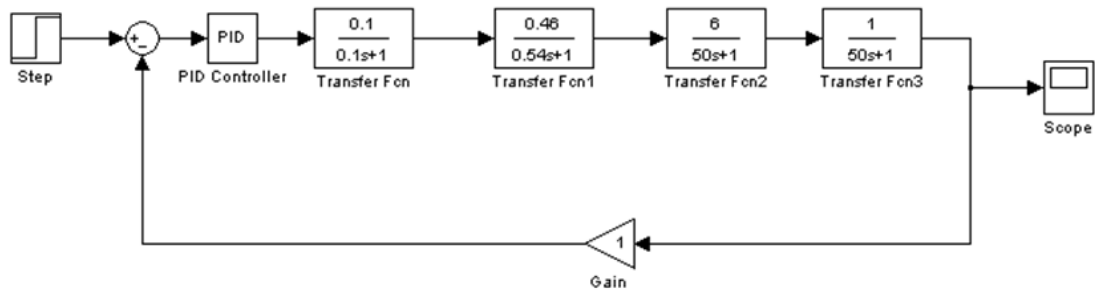


Рисунок 2 - Модель САУ вентилятора главного проветривания в пакете MATLAB
 Результаты моделирования приведены на рисунке 3.

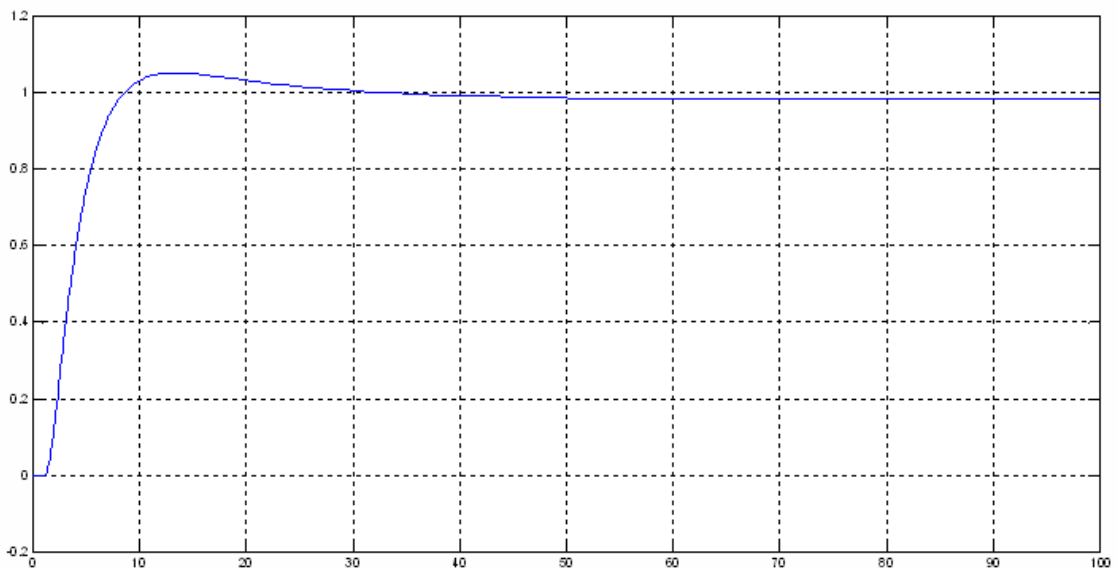


Рисунок 3 – График переходного процесса

Из полученного графика переходного процесса можно определить динамические характеристики:

время переходного процесса - $t_p = 26,5$ с

перерегулирование - $\sigma = 7.5$ %

Направлением совершенствования рассмотренной модели является разработка алгоритмов формирования сигнала задания по производительности вентилятора главного проветривания в зависимости от состояния шахтной атмосферы (концентрация метана, углекислого газа, температуры и т.д.)

Перечень ссылок:

1. Гаврилов П.Д., Гимельшейн Л.Я., Медведев А.Е. Автоматизация производственных процессов. Учебник для вузов. М.Недра, 1985, 215 с.

2. Лукас В.А. Теория автоматического управления: Учеб. Для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 416 с.