

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСХОДОМ ВОЗДУХА В ОТДЕЛЕНИИ СУШКИ КРИСТАЛЛОВ СЕЛИТРЫ

Литвинова Е.В., студентка; Федюн Р.В., к.т.н., доцент

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

Объектом исследования является система вентиляции технологического процесса сушки селитры. Отделение сушки расположено в 2-х этажном здании на территории ЗАО «Северодонецкое объединение Азот». Выделяющиеся вредности: влага, тепловыделения, пары нитрата натрия. Задача вентиляции состоит в том, чтобы поддерживать в помещении состав воздуха, удовлетворяющий гигиеническим требованиям и технологическому регламенту сушки кристаллов селитры.

Система вентиляции приточно-вытяжная с механическим побуждением, представленная приточной системой П1 и вытяжными: одной общеобменной В1 и двумя местными В2 и В3. Вентиляторы в приводятся в действие асинхронными двигателями.

Воздушный баланс обеспечивается совместной работой приточной и вытяжных систем, производительность которых должна изменяться одновременно.

В рассматриваемой системе вентиляции используются асинхронные электроприводы (АД), питаемые трехфазным напряжением U с частотой f , которые обеспечивают заданную частоту вращения n центробежных вентиляторов (ЦВ). Центробежные вентиляторы обеспечивают подачу Q , соответствующую аэродинамической характеристике вентилятора на соответствующей частоте n [1].

Передаточная функция асинхронного двигателя находится как отношение частоты вращения ротора к частоте питающего напряжения. В [1] предлагается эту передаточную функцию разбить на две составляющих — «момент/частота вращения» и «частота напряжения/момент». Передаточная функция асинхронного электродвигателя по управляющему воздействию в относительных единицах имеет вид:

$$W(p)_{AD} = \left(\frac{\gamma}{v}\right)^2 \frac{1}{(T_{ЭМ} p + 1)T_M p + \left(\frac{\gamma}{v}\right)^2} = \frac{k_{AD}}{T_{ЭМ} T_M p^2 + T_M p + k_{AD}}, \quad (1)$$

где T_M - механическая постоянная времени двигателя, $T_{ЭМ}$ — электромагнитная постоянная времени двигателя, $\gamma = U_{1a} / U_{1an}$ - относительное напряжение статора (к номинальному), $v = \Omega_1 / \Omega_{1n}$ - относительная частота напряжения статора (к номинальной).

Данная передаточная функция справедлива для случая, когда потокосцепление статора есть величина постоянная, т.е. одновременно с изменением частоты питающего напряжения изменяется и его величина в соответствии с выражением: $U_{1a} / \omega_1 = const$; что обеспечивается в современных преобразователях частоты.

Вычислен коэффициент $(\gamma/v)^2$. Рассматриваемые двигатели рассчитаны на напряжение 380В с частотой 50Гц. Тогда, переходя к абсолютным величинам:

$$\left(\frac{\gamma}{v}\right)^2 = \left(\frac{U}{f}\right)^2 = \left(\frac{380}{50}\right)^2 = 57,76 B^2 c^2. \quad (2)$$

С учетом выражений (1) и (2) получены передаточные функции асинхронных электродвигателей всех вентиляторов:

$$W_{AD}^{П1}(p) = \frac{57,76}{(0,14p+1)37,54p+57,76}, \quad W_{AD}^{B1}(p) = \frac{57,76}{(0,14p+1)23,1p+57,76}, \quad (3)$$

$$W_{AD}^{B2}(p) = \frac{57,76}{(0,13p+1)25,99p+57,76}, \quad W_{AD}^{B3}(p) = \frac{57,76}{(0,05p+1)11,55p+57,76}. \quad (4)$$

Введем коэффициент усиления электродвигателя, который будет характеризовать соответствие частоте вращения ротора в установившемся режиме частоте питающего напряжения. Согласно справочным данным, при частоте питающего напряжения 50 Гц частота вращения ротора составляет 1000 об/мин (для двигателей АИР 180 М6, АИР 112 МА6, АИР 112 МВ6) и 3000 об/мин (для двигателя АИР 63 В2). Как известно,

$$n_2 = \frac{60f_1}{p}(1-s), \quad (5)$$

где f_1 — частота питающего напряжения, p — число полюсов, s — скольжение.

В процессе работы двигателя величина скольжения изменяется, однако в устойчивом режиме не превышает 2–5%, поэтому ею можно пренебречь. Тогда:

$$k_{П1} = \frac{n_{2ycm(П1)}}{f_{1ycm(П1)}} = \frac{1000}{50} = 20, \quad k_{B1} = \frac{n_{2ycm(B1)}}{f_{1ycm(B1)}} = \frac{1000}{50} = 20,$$

$$k_{B2} = \frac{n_{2ycm(B2)}}{f_{1ycm(B2)}} = \frac{1000}{50} = 20, \quad k_{B3} = \frac{n_{2ycm(B3)}}{f_{1ycm(B3)}} = \frac{3000}{50} = 60.$$

Как правило, вентилятор и воздухопровод рассматривают как один объект, и с определенной долей точности аппроксимируют общую передаточную функцию в виде апериодического звена без запаздывания (длина воздухопровода не превышает 8 м):

$$W_Q(p) = \frac{k_Q}{T_1 p + 1}, \quad (6)$$

Используя характеристики вентиляторов [2], определили коэффициент усиления по расходу k_Q каждого вентилятора: $k_{QП1} = 1,8 \text{ м}^3/(\text{об}/\text{мин})$; $k_{QB1} = 0,85 \text{ м}^3/(\text{об}/\text{мин})$; $k_{QB2} = 0,95 \text{ м}^3/(\text{об}/\text{мин})$; $k_{QB3} = 0,7 \text{ м}^3/(\text{об}/\text{мин})$.

На основании результатов моделирования в Matlab сделан вывод о выдувании воздуха на обоих этажах и больших динамических нагрузках на технологическое оборудование. Присутствовала значительная статическая ошибка по каналу задания и отсутствие компенсации возмущающих воздействий.

Для устранения вышеописанных недостатков в систему (рис. 1) вводятся ПИ-регуляторы для каждой из подсистем управления притоками и вытяжками и ПИД-регулятор для подсистемы соотношения расходов. Определены следующие настройки регуляторов: $K=0,75$, $T_i=0,06$, $T_d=0,411$ (для системы П1); $K=0,6$, $T_i=0,12$ (для системы

V1); $K=0,3$, $T_i=0,1$ (для системы V2); $K=0,158$, $T_i=0,0525$ (для системы V3); $K=0,1$, $T_i=0,1$ (для первого этажа); $K=0,1$, $T_i=0,1$ (для второго этажа).

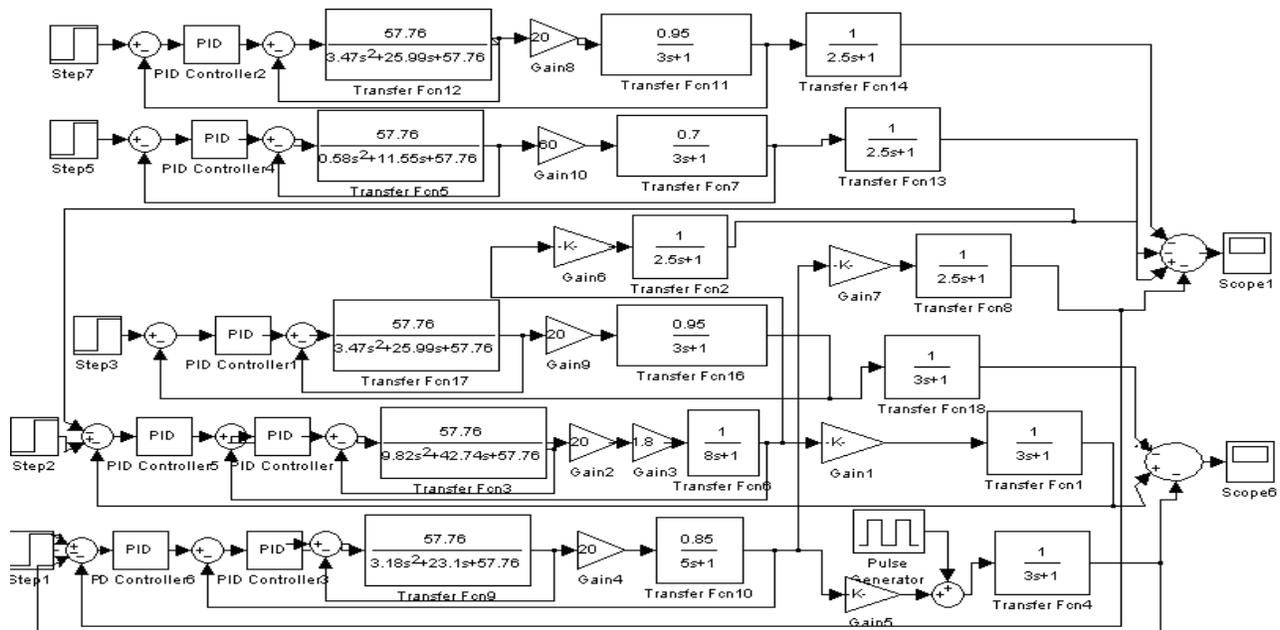
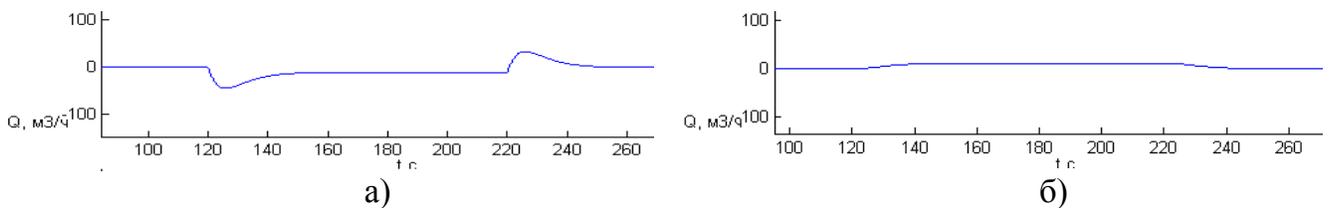


Рисунок 1 – Структурная схема системы вентиляции отделения сушки селитры

Результаты моделирования динамических процессов в САУ при действии возмущающих воздействий приведены на рис.2. Наблюдаем поддержание соотношения приточного и вытяжного воздуха на этажах – разность между приточным расходом воздуха и вытяжным равна нулю. Статическая ошибка отсутствует, переходные кривые имеют апериодическую форму. Из рис.2 видно, что возмущение расходом воздуха на первом этаже компенсируется САУ для первого (рис.2,а) и второго этажей (рис. 2,б).



где а – первый этаж; б – второй этаж.

Рисунок 2 – Изменение соотношения приточного и вытяжного расходов воздуха в разработанной САУ при возмущении на первом этаже.

Использование ПИ-регуляторов на нижнем уровне (управление расходом воздуха вентиляторов) и ПИД-регуляторов на верхнем (управление соотношением расходов приточного и вытяжного воздуха) позволило устранить статическую ошибку, улучшить динамические показатели качества и скомпенсировать возмущающие воздействия.

Перечень ссылок

1. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: учебное пособие для вузов. — Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. — 392 с., ил.
2. Соломахова С.С. Центробежные вентиляторы: Справочник.- М: Машиностроение, 1990- 263с.