

Частина II. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 519.876

И.В. Новицкий, д-р. техн. наук, Ю.А. Шевченко

(Украина, Днепропетровск, Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”)

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КРУПНОКУСКОВОГО ДРОБЛЕНИЯ

Введения и постановка задачи

Подготовительные процессы перед обогащением руд на современных обогатительных фабриках являются наиболее ресурсоемкими. Поэтому управление такими процессами, как дробление и измельчение крупности материала, выражается в виде существенного экономического эффекта. В то же время особенностью дробилок и барабанных мельниц, как объектов автоматизации, является нестационарность, обусловленная в основном изменением свойств перерабатываемой руды в достаточно широком диапазоне и износом рабочего органа технологического оборудования. В таких условиях управление будет эффективным только тогда, когда в системе управления предусмотрена адаптация.

Рассмотрим типовую [1] систему стабилизации потребляемой дробилкой активной мощности (рис. 1).

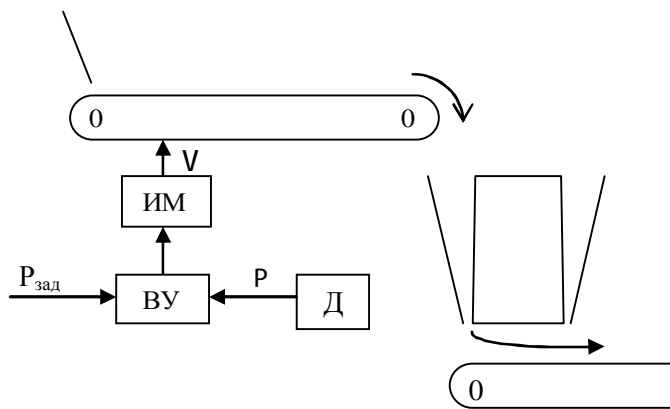


Рис. 1. Система стабилизации активной мощности дробилки

Эта система на основе измеряемой датчиком Д активной мощности дробилки Р с помощью вычислительного устройства ВУ через исполнительный механизм ИМ регулирует скорость питателя V таким образом, чтобы стабилизировать мощность на уровне задания $P_{зад}$. Структурная схема основного контура управления приведена на рис. 2.

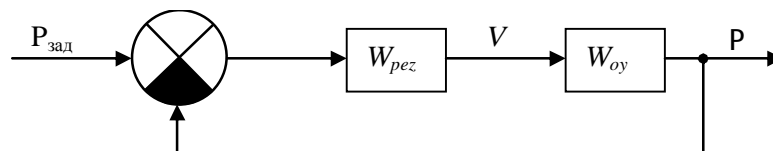


Рис.2. Структурная схема основного контура системы управления дробилкой

Обычно с достаточной степенью точности передаточная функция объекта управления, включающего питатель и дробилку рассматривается в виде апериодического звена второго порядка [2]:

$$W_{oy}(p) = \frac{\bar{P}}{V} = \frac{K}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}. \quad (1)$$

Если считать объект управления стационарным (параметры K , T_1 , T_2 постоянными), то синтез системы управления не представляет сложностей и может быть выполнен по одной из типовых методик. Для определенности воспользуемся известной инженерной методикой [3] синтеза системы с апериодической реакцией, характеризующейся отсутствием установившейся ошибки и перерегулирования при минимальном времени регулирования. Переходной процесс в основном контуре с указанными показателями обеспечивается путем применения двух корректирующих устройств (рис. 3), параметры которых a , b , c , d рассчитываются для заданных номинальных значений K , T_1 , T_2 по методике [3].

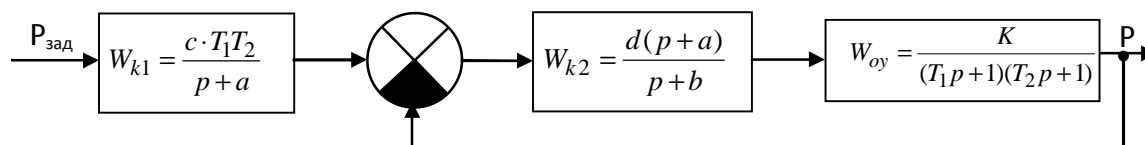


Рис. 3. Структурная схема системы управления с апериодической реакцией

Переходной процесс для определенных номинальных значений K , T_1 , T_2 (205 кВт/м/с; 11,1 с.; 10,8с. соответственно) и рассчитанных параметров управляющей части a , b , c , d (0,1464; 0,2038; 0,00148; 0,0271 соответственно) представлен на рис. 4 и имеет время регулирования порядка 30 с.

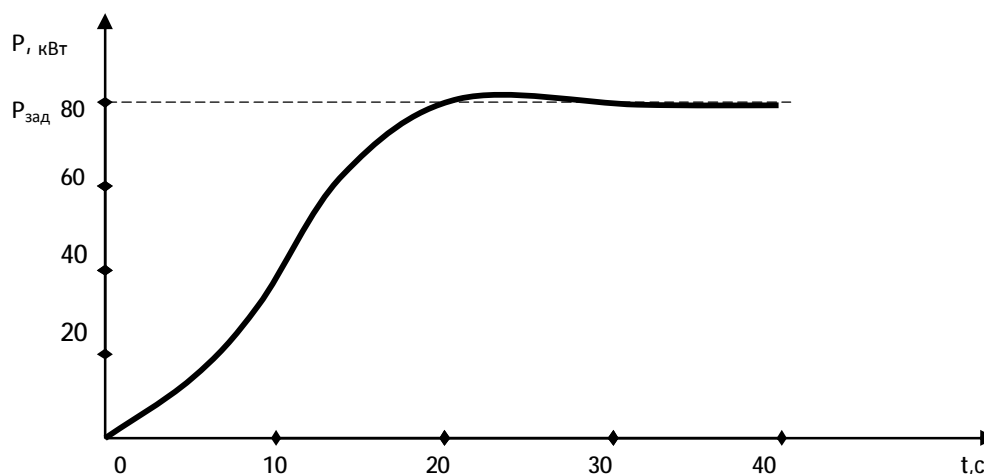


Рис. 4. Переходной процесс в системе управления

Проблема состоит в том, что объект управления является существенно нестационарным: параметры его модели K , T_1 , T_2 меняются в диапазоне $\pm 15\%$ от номинальных значений, что значительно ухудшает качество процесса управления. Нестационарность объекта обусловлена в основном изменением физико-механических свойств руды, поступающей на дробление. Скорость изменения указанного возмущающего воздействия значительно меньше скорости процессов регулирования в основном контуре. Таким образом выполняется условие квазистационарности и целесообразно применение адаптивной системы. Для управления дробилкой применим аналитическую самонастраивающуюся систему с моделью вариаций уравнения объекта [4]. Системы этого типа построены по принципу образования двух каналов передачи сигналов, которые позволяют скомпенсировать возмущенные движения в основном контуре, порожденные нестационарностью объекта.

Решение задачи

Представим передаточную функцию стационарного объекта как

$$W_{oy}(p) = \frac{n_0}{p^2 + m_0 p + l_0}, \quad (2)$$

где $n_0 = \frac{K}{T_1 T_2}$; $m_0 = \frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2}$; $l_0 = \frac{1}{T_1 T_2}$ – номинальные значения параметров.

Оператор нестационарного объекта управления следующий:

$$W_{oy}(p,t) = \frac{n_0 + \Delta n}{p^2 + (m_0 + \Delta m)p + (l_0 + \Delta l)} = \frac{n_0 + \Delta n}{p^2 + m_0 p + l_0 + (\Delta m p + \Delta l)}. \quad (3)$$

Здесь Δn , Δm , Δl – непредсказуемые изменения параметров модели, обусловленные нестационарностью объекта. Связь входа V_t и выхода P_t объекта в операторной форме описываются уравнением вида

$$P_t(p^2 + m_0 p + l_0) = V_t n_0 - P_t(\Delta m p + \Delta l) + V_t \Delta n. \quad (4)$$

Обозначим:

$$U_t = V_t \Delta n - P_t(\Delta m p + \Delta l). \quad (5)$$

Уравнение (4) запишется так:

$$P_t(p^2 + m_0 p + l_0) = V_t n_0 + U_t. \quad (6)$$

Составляющая U_t является результатом возмущённого движения на входе объекта, вызванного нестационарностью коэффициентов дифференциального уравнения. Выражение (6) соответствует структуре (рис. 5, а) или после переноса точки суммирования на вход – структуре (рис. 5, б).

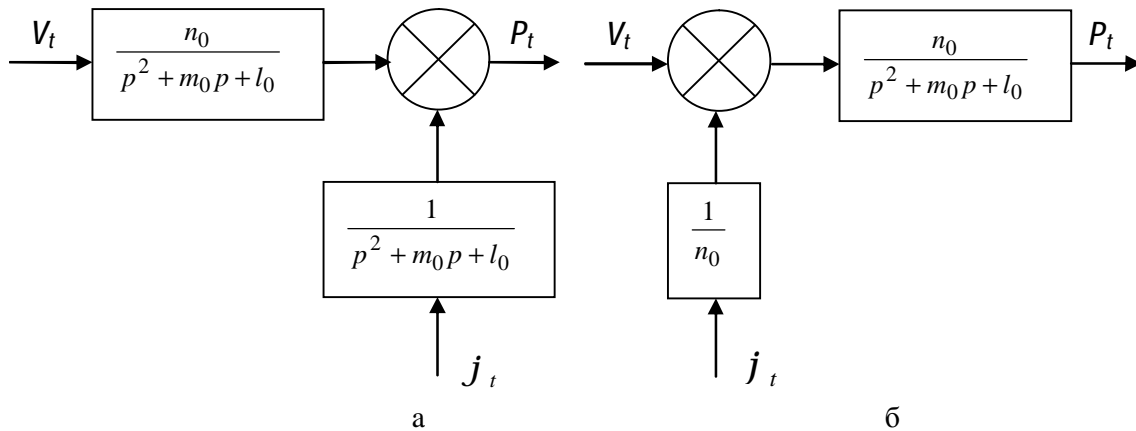


Рис. 5. Структура формирования возмущённого движения на выходе системы

Если входную координату V_t заменить суммой, т.е.

$$V_t = V_t^* + P_k,$$

где V_t^* – управляющее воздействие основного контура; P_k – сигнал компенсации, который имеет вид:

$$P_k = -\frac{1}{n_0} U_t, \quad (7)$$

то выход объекта P_k будет нечувствителен к изменению его параметров.

Таким образом, выражение (7) – условие полной инвариантности выхода P_t к изменению параметров объекта.

Подставив уравнение (5) в (7) получим выражение для формирования сигнала компенсации

$$P_k = -\frac{1}{n_0} [V_t \Delta n - P_t(\Delta m p + \Delta l)]. \quad (8)$$

Структурная схема приведенных построений имеет вид, соответствующий рис. 6.

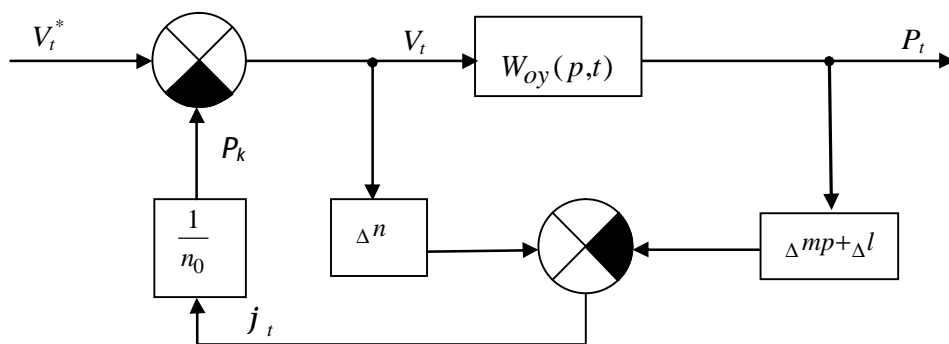


Рис. 6. Структурная схема объекта управления, инвариантного к изменению параметров

Физическая реализуемость адаптивной системы обусловлена вычислением вариаций параметров объекта:

$$\begin{aligned} \Delta n &= n - n_0; \\ \Delta m &= m - m_0; \\ \Delta l &= l - l_0. \end{aligned}$$

Для вычисления (оценки) текущих значений параметров n , m , l на периоде квазистационарности в адаптивной системе используется настраиваемая модель объекта НМО и блок настройки модели БНМ. Общая структурная схема адаптивной системы с управляющей частью основного контура приведены на рис. 7.

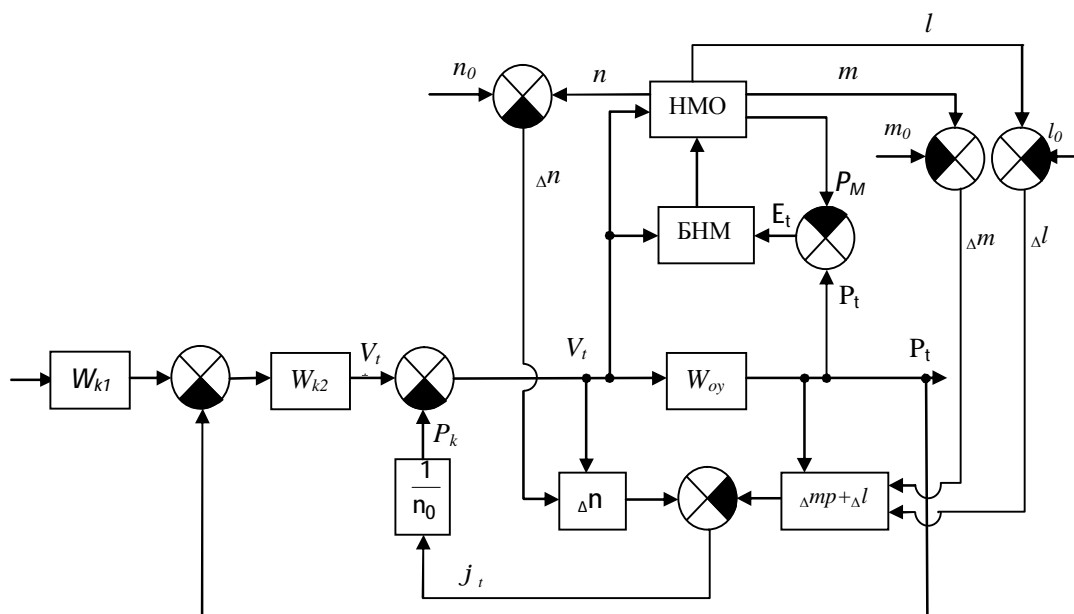


Рис. 7. Структурная схема адаптивной системы

Настройка параметров модели осуществляется по закону градиента

$$\begin{aligned} \frac{dn}{dt} &= -2\alpha E_t \cdot V_t; \\ \frac{dm}{dt} &= -2\alpha E_t \cdot P_t; \\ \frac{dl}{dt} &= -2\alpha E_t \cdot P_t, \end{aligned}$$

где $E_t = P_t - P_M$ – текущая невязка выходов объекта и модели; α – коэффициент, определяющий скорость настройки модели.

Процессы в системе (рис. 7) были рассчитаны численным методом Δt . На рис. 8 рассмотрены процессы настройки параметров объекта m (а), l (б) и n (в) при одновременном их отклонении на 10% от номинальных значений.

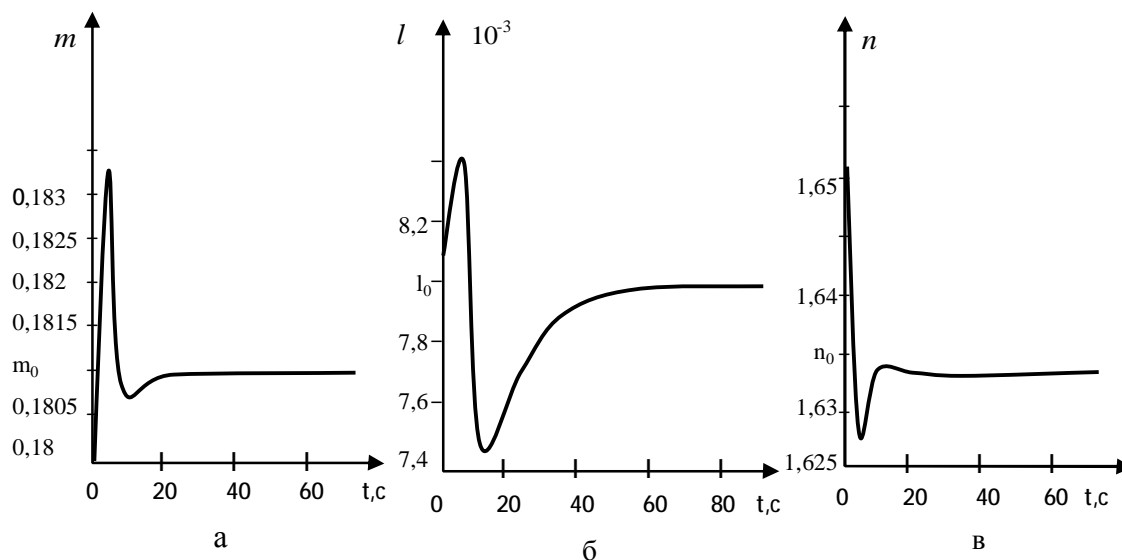


Рис. 8. Процессы настройки параметров модели

Вывод

Из полученных графиков видно, что настройка параметров модели практически заканчивается через 80 с, что значительно меньше периода квазистационарности, который определяется десятками минут. После окончания настройки процессы в основном контуре по каналу $P_{зад} - P_i$ соответствуют кривой на рис. 4 и имеют желаемые показатели качества.

Список литературы

1. Автоматизация технологических процессов на горнорудных предприятиях [Текст]: справ. пособие / под ред. В.С. Виноградова. – М.: Недра, 1984. – 167 с.
2. Марюта А.Н., Качан Ю.Г., Бунько В.А. Автоматическое направление технологическими процессами обогатительных фабрик [Текст]: учеб. для вузов. М.: Недра, 1983. – 277 с.
3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления [Текст]: пер. с англ. / Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
4. Справочник по теории автоматического управления / под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука. гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 712 с.

Рекомендовано до друку: проф. Слесаревим В.В.