

ШАГОВЫЙ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ РУДЫ В МЕЛЬНИЦУ ИЗ РЯДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ БУНКЕРОВ

А. А. Иванов, А. Н. Марюта, Г. Р. Носов

Днепропетровск

На рудообогатительных фабриках дозирование и подача руды в мельницу производится при помощи бункерных питателей, направляющих руду на сборный конвейер из ряда последовательно расположенных бункеров. При доставке руды к весам из первого (ближнего) и последнего (дальнего) бункера время транспортного запаздывания может изменяться в широких пределах. Так, на обогатительной фабрике Новокриворожского горнообогатительного комбината оно колеблется от 10 до 60 сек.

Пренебрежение изменением времени транспортного запаздывания в системах автоматического дозирования подачи руды в мельницу может привести к ухудшению качества процесса дозирования и даже к потере устойчивости системы: к периодической перегрузке мельницы и просыпанию руды из ее загрузочной горловины.

Известно, что время транспортного запаздывания τ_z значительно превышает постоянную времени объекта (питателя) T_0 , поэтому для улучшения качества процесса регулирования необходимо применять дискретные регулирующие устройства, которые позволяют наилучшим образом согласовать статические и динамические свойства объекта с характером действующих возмущений.

Применяемые в промышленности дискретные регулирующие устройства для автоматизации технологических процессов [1, 2, 3, 4] имеют существенный недостаток — в них не предусмотрена дистанционная оперативная перенастройка времени регулирования T_p . Этот недостаток не позволяет применять такие регулирующие устройства для автоматизации подачи руды в мельницу.

На кафедре автоматизации производственных процессов Днепропетровского горного института разработан шаговый пропорциональный регулятор, лишенный указанного недостатка. Регулятор состоит из трех блоков, смонтированных на одном шасси, а именно: блока сравнения, исполнительного блока и генератора импульсов (рис. 1).

В отличие от регуляторов, описанных в работах [1, 2, 3, 4], в качестве генератора импульсов использовано реле времени, реагирующим органом которого является электронная лампа. Выбор лампы объясняется тем, что реле с газоразрядным прибором и тиратроном обладает недостаточной точностью из-за разброса параметров зажигания и потухания,

недостаточной чувствительностью к колебаниям температуры, внешнего электрического поля и т. п.

Чтобы обеспечить выдержку времени в период регулирования применяется схема с разрядом конденсатора. Указанная схема позволяет получить сравнительно большой диапазон изменения интервала времени. Кроме того, схема работает на левой части анодно-сеточной характеристики лампы и, следовательно, сеточные токи отсутствуют.

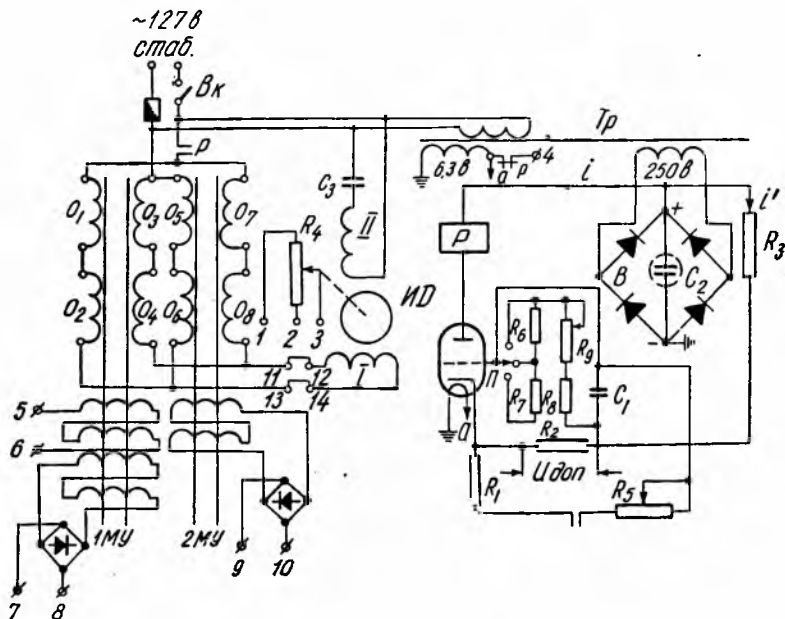


Рис. 1. Принципиальная схема шагового пропорционального регулятора.

Генератор импульсов работает следующим образом. Предварительно заряженный конденсатор C_1 разряжается на сопротивления R_8 , R_9 и на сопротивления R_6 и R_7 , в зависимости от положения переключателя П.

Переменное сопротивление R_9 и переключатель П устанавливаются на пульте управления и служат для перенастройки времени периодов регулирования T_p при изменении транспортного запаздывания τ_a .

Во время разряда конденсатора C_1 реле Р отключено, и его нормально открытые (НО) контакты разомкнуты. По мере разряда конденсатора уменьшается отрицательное напряжение на сетке лампы Л и увеличивается ее анодный ток. При достижении тока срабатывания $i_{ср}$ включается реле Р и замыкает свои контакты в цепях сетки лампы Л и рабочих обмоток магнитных усилителей 1МУ, 2МУ. Конденсатор C_1 начинает заряжаться по цепи: сопротивления R_3 , R_5 — земля.

Во время заряда конденсатора C_1 включены рабочие обмотки $O_1—O_8$ магнитных усилителей 1МУ и 2МУ. На обмотки управления через зажимы 7, 8, 9, 10 1МУ, 2МУ подается напряжение, пропорциональное действительному u_d и заданному значению u_z регулируемой величины. На управляющую обмотку исполнительного двигателя ИД с мостовой схемы, собранной на рабочих обмотках магнитных усилителей 1МУ и 2МУ, подается напряжение $u_p = k_0(u_d - u_z)$.

Длительность управляющего импульса τ_y задается изменением величины сопротивления R_6 . При заряде конденсатора C_1 до величины напряжения, соответствующего току отпуска реле P , размыкаются его нормально открытые контакты в цепях сетки лампы и магнитных усилителей, конденсатор C_1 начинает разряжаться, и цикл повторяется. Чтобы улучшить работу генератора импульсов, в регуляторе используется схемная стабилизация [5]. Для этого на управляющую сетку лампы L подается дополнительное положительное напряжение $u_{доп}$ и применяется потенциометрическое питание электродов лампы L . В такой схеме отношение напряжения конденсатора к напряжению в момент срабатывания реле быть сделано практически постоянным.

Промежуток времени, отсчитываемый реле может быть определен выражением [5]

$$t_{cp} = n_t T_c, \quad (1)$$

где $T_c = RC$ — постоянная времени цепи разряда, сек;

n_t — коэффициент трансформации времени, определяемый схемным решением.

Для схемы реле времени, приведенной на рис. 1, коэффициент трансформации определяется выражением [5]

$$n_t = \ln \frac{u_0 + u_{доп}}{u_{доп} + E_{зап} - \frac{i_{cp}}{S_d}}, \quad (2)$$

где i_{cp} — ток срабатывания реле;

u_a — напряжение питания;

S_d — динамическая крутизна характеристики лампы;

$D = \frac{1}{\mu}$ — проницаемость лампы по аноду;

u_0 — падение напряжения на сопротивлении R_1 ;

$u_{доп}$ — падение напряжения на R_2 .

При осуществлении условия $u_{доп} \gg E_{зап} - \frac{i_{cp}}{S_d}$ выражение для определения коэффициента трансформации примет вид

$$n_t = \ln \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right). \quad (3)$$

Из (3) видно, что коэффициент трансформации времени практически не зависит от питающего напряжения, параметров лампы и исполнительного реле P . Непостоянство времени срабатывания определяется только нестабильностью задающих элементов R_6 , R_7 , R_8 , R_9 , R_5 и C_1 .

При значительной величине T_p (времени регулирования) в схеме генератора импульсов желательнее использовать конденсатор C_1 с полистироловой изоляцией, а также реле P с контактными группами, сопротивление утечки которых должно быть менее $(5 \div 10) \cdot 10^3$ мом. Этим требованиям удовлетворяют серийно выпускаемые реле типов ВЛ1-В1 и ЭР-2-Т.

В схеме регулятора, приведенной на рис. 1, можно изменять длительность управляющего импульса (время шага) τ_y в пределах $0,05 \div 6,5$ сек, а время регулирования T_p от 10 сек до 4,5 мин, что соответствует пределам настройки регулятора для различных схем нагрузки руды в мельницу.

Стабильную работу генератора импульсов можно обеспечить, выдержав условие $i' > i$ (рис. 1).

Блок сравнения регулятора состоит из двух магнитных усилителей 1МУ и 2МУ типа ТУМ IV-A, включенных по мостовой схеме. В измерительную диагональ мостовой схемы включена управляющая обмотка двигателя РД-09, приводящего в движение ползунок исполнительного реостата. На вход обмоток управления 9, 10 усилителя 2МУ может поступать сигнал с движка задатчика вторичного прибора или с индуктивного датчика, связанного непосредственно с квадрантом регистрирующих весов. Выпрямленный сигнал от датчика регулируемого параметра

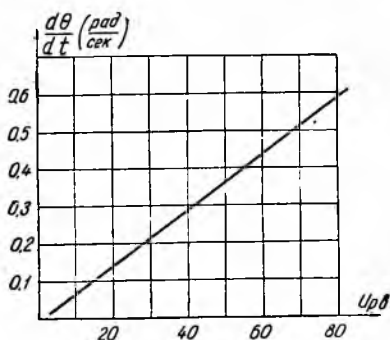


Рис. 2. Зависимость скорости изменения угла поворота выходного вала двигателя ИД от величины напряжения $U_{р\delta}$.

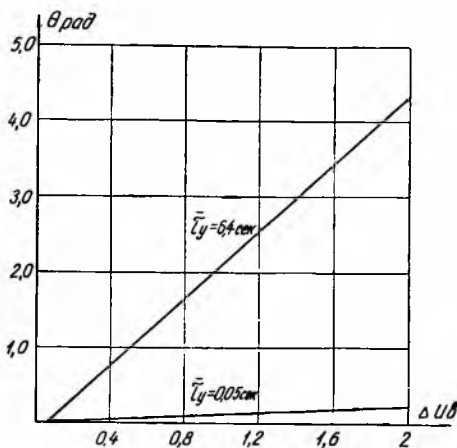


Рис. 3. Статические характеристики регулятора.

включается через выпрямитель на клеммы 9, 10 обмотки управления усилителя 2МУ. Клеммы 5, 6 и 7, 8 усилителя 1МУ предназначены для введения сигнала от задатчиков и для дополнительного корректирующего сигнала.

В случае несоответствия регулируемой величины заданному значению ток подмагничивания одного магнитного усилителя отличается от тока подмагничивания другого, и на обмотку управления 1 двухфазного двигателя подается напряжение разбаланса моста. На рабочем участке кривой намагничивания магнитного усилителя напряжение разбаланса мостовой схемы, а следовательно, и скорость исполнительного двигателя ИД пропорциональны величине отклонения регулируемого параметра от заданного значения.

Скорость изменения угла поворота выходного вала исполнительного двигателя зависит от величины напряжения $U_{р}$ на управляющей обмотке ИД (рис. 2). Абсолютная величина угла поворота θ движка управляющего реостата R_4 зависит от величины $U_{р}$ и времени управляющего импульса τ_y . На рис. 3 приведены экспериментально снятые статические характеристики регулятора при максимальной и минимальной величинах τ_y и при изменении относительной величины рассогласования Δu на входе усилителя.

Подбирая определенным образом длительность управляющего импульса τ_y и период регулирования T_p , можно производить настройку регулятора на заданное количество регулирования для объектов со значительной постоянной времени и с переменным транспортным запаздыванием.

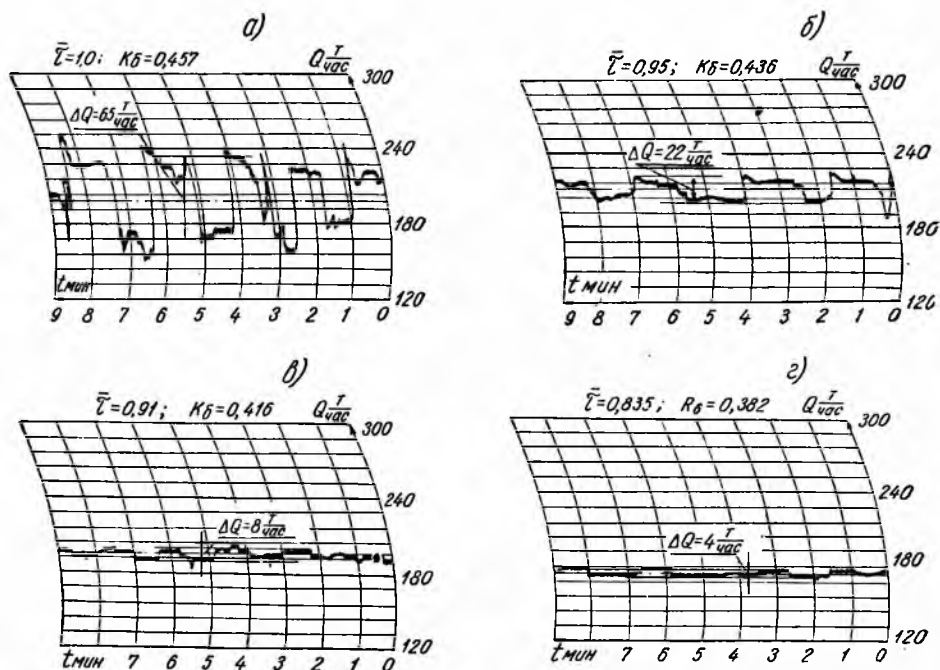


Рис. 4. Осциллограммы, определяющие качество процесса регулирования в дискретной системе при загрузке руды в мельницу для различных настроек регулятора.

С учетом неизбежной зоны нечувствительности регулятора закон регулирования запишется в виде

$$\Delta u_n = k_\Sigma (u_d - u_s),$$

при

$$nT_p \leq t \leq (n + \tau_y) T_p;$$

$$\Delta u_n = 0,$$

при

$$(n + \tau_y) T_p \leq t \leq (n + 1) T_p,$$

если

$$(u_d - u_s) > \Delta.$$

Здесь Δ — зона нечувствительности;

Δu_n — приращение напряжения, снимаемого с движка исполнительного реостата;

k_Σ — общий коэффициент усиления регулятора.

Дискретная система автоматического регулирования загрузки руды в мельницу с шаговым пропорциональным регулятором была испытана

в производственных условиях на 5-й секции рудообогатительной фабрики Новокриворожского горнообогатительного комбината.

На рис. 4, а, б, в, г представлены осциллограммы процесса автоматической стабилизации загрузки руды в мельницу для различных настроечных параметров T_p и τ_y дискретного регулятора.

Наилучшее качество регулирования обеспечивается при относительном времени регулирования $\tau = \frac{\tau_a}{T_p} = 0,835$ и относительном коэффициенте усиления $k_\sigma = 0,382$. Как видно из последней осциллограммы, ошибка регулирования не превышает 4 m/μ , что составляет менее 2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Л. Цукович. Корректирующее устройство для регулирования технологических объектов. Труды конференции по теории и применению дискретных автоматических систем. Изд-во АН СССР, 1960.

2. Я. Е. Гельфанд. Прерывистый регулятор с зависимым интервалом. Труды конференции по теории и применению дискретных автоматических систем. Изд-во АН СССР, 1960.

3. А. З. Грищенко. Автоматизация производства химических волокон. Гостехиздат УССР, 1962.

4. Л. Д. Гольдштейн, М. В. Левин, Г. К. Полис. Импульсный корректирующий регулятор для двухкаскадных систем автоматического регулирования. Сб. ЦИИИ ИМ. Опыт автоматизации производственных процессов на заводах алюминиевой промышленности СССР, ч. II, 1962.

5. В. И. Еремин, Н. С. Самойлов. Электронное программное реле времени. Технические средства автоматизации и телемеханизации. ЦИТЭИН, вып. 2, 1961.