

УДК 622:658.011.56

**Н.В. Осипова**

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДГОТОВКИ РУДЫ К ИЗМЕЛЬЧЕНИЮ**

*Приведены структура системы управления процессом подготовки руды к измельчению и принцип ее работы, заключающийся в обеспечении коррекции режима воздействия электромагнитными полями на горную породу в зависимости от фактической скорости рудопотока и потребляемой энергии. Данная система управления позволяет снизить энергоемкость помола руды и затраты на оборудование, увеличить ресурс его работы, а, следовательно, повысить эффективность разупрочнения породы.*

*Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка, рудопоток, классификатор, преобразователь скорости перемещения руды, регулятор напряжения, преобразователь напряжения в частоту.*

---

**Семинар № 14**

**В** последние годы активно ведутся научные исследования в области измельчения рудных материалов, осуществляющегося в мельницах, наполненных мелющими шарами. После обработки руда из мельниц поступает в классификатор, который обеспечивает возврат недоиспользованной руды в эту же мельницу. Возвращаемый в мельницу рудный материал обладает более высокой прочностью по сравнению с исходной рудой. Поэтому для снижения энергоемкости помола в мельнице целесообразно осуществлять его разупрочнение. Одним из новых технологических приемов, обеспечивающих разупрочнение руды, является магнитно-импульсная обработка МИО, обеспечивающая генерацию в рудном материале большого количества дефектов. МИО – это стадия, обеспечивающая подготовку руды к измельчению.

Процесс рудоподготовки в технологии обогащения различных руд преследует цель создания условий, обеспечивающих максимальную степень извлечения полезного компонента.

Процесс измельчения руды в мельницах является достаточно энергоемким. Энергоемкость помола, в первом приближении, пропорциональна величине вновь образованной удельной поверхности, что равносильно обратной величине размера частиц на разгрузке мельницы.

МИО осуществляется непосредственно перед помолом в мельницах с целью разупрочнения руды либо в процессе извлечения полезного компонента (например, при выщелачивании редких земель, цианировании золотосодержащего концентрата и т.д.).

Устройство подготовки руды перед измельчением включает источник питания, подключенный через ключ к емкостному накопителю, на выходе которого параллельно включены низкочастотный (НЧ) и высокочастотный (ВЧ) индукторы соответственно. Недостатком устройства является постоянный выход из строя емкостного накопителя, сложность ручного управления ключом, так как параметры рудного материала постоянно меняются, большое потребление энергии и высокие затраты на оборудование,

уменьшение ресурса его работы, а, следовательно, невысокая эффективность разупрочнения материалов. Необходимость устранения выше перечисленных недостатков привела к возникновению важнейшей задачи – управления данным процессом.

В связи с изложенным выше, нужно применить три электронных ключа, через которые осуществлялись бы заряд емкостного накопителя и его разряд на НЧ и ВЧ индукторы. Электронные ключи должны включаться от воздействия управляющих прямоугольных импульсов, а выключаться – в момент их отсутствия (паузы). Следовательно, возникает необходимость использования генератора импульсов, на выходе которого организуется их распределение на три ключа.

Известен способ, при котором на каждую порцию обрабатываемого материала действуют рядом импульсов основного (НЧ) и дополнительного (ВЧ) импульсных магнитных полей, при этом их частота определяется по формуле:

$$\psi = \frac{v}{n \cdot l}, \quad (1),$$

где  $v$  – скорость перемещения обрабатываемого материала;  $n$  – количество импульсов, действующих на порцию обрабатываемого материала;  $l$  – длина зоны обрабатываемого материала. Обычно параметр  $n$  выбирается в пределах  $3 \div 5$  импульсов в зависимости от механических свойств руды. Параметр  $v$  лежит в пределах  $0,5\text{--}1,2$  м/с. В систему управления необходимо включить датчик скорости рудопотока и задатчик потребляемой энергии, которое расходуется мельницей на измельчение в зависимости от прочности руды. Эти сигналы (в виде выходного напряжения с обоих датчиков) должны поступать на

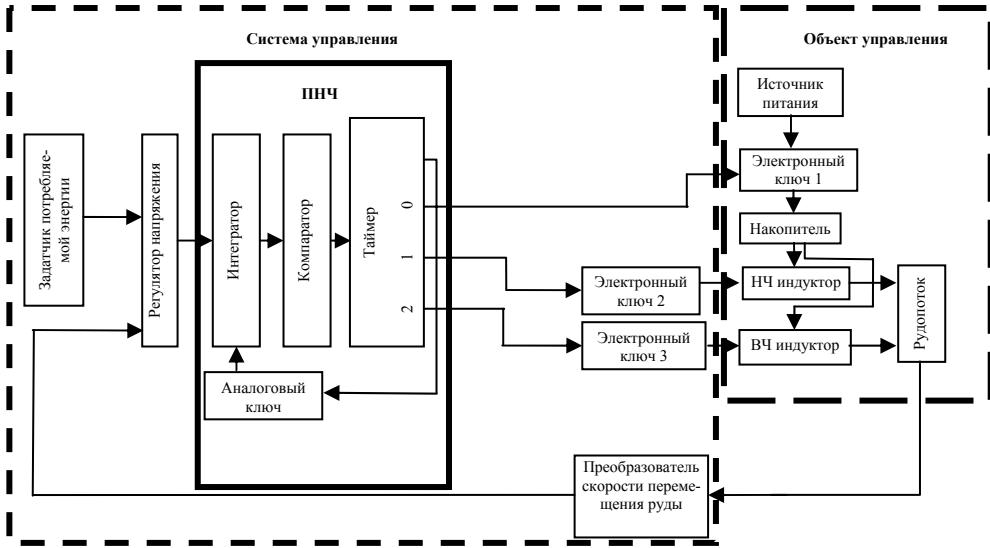
вход сумматора (регулятора), где вычислялась бы их разность (также в виде напряжения). Это напряжение должно поступать на вход генератора. Причем необходимое требование: генератор – преобразователь данного входного напряжения в частоту следования импульсов. От этой частоты как раз и будет зависеть – количество импульсных воздействий на каждую порцию руды в зависимости от скорости рудопотока. Если выражение (1) записать по-другому:

$$v = \psi \cdot n \cdot l. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что, чем больше скорость руды, тем больше импульсных воздействий необходимо приложить, а следовательно генератору необходимо выработать большую частоту.

Таким образом, система управления воздействием полями НЧ и ВЧ индукторов на руду (рис. 1) выполнена в виде регулятора напряжения, на выходе которого подключены первичный преобразователь скорости перемещения руды в пульпе и задатчик потребляемой энергии при измельчении руды, а выход – к преобразователю напряжения в частоту (ПНЧ), включающего аналоговый ключ, интегратор, компаратор, таймер со встроенным распределителем импульсов и элементом задержки.

Электронные ключи представляют собой триодные тиристоры типа ТБ1250и с управлением по катоду. Преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ), собранный на отечественной микросхеме 1108ПП1 представляет собой управляемый по частоте генератор прямоугольных импульсов, преобразующий постоянное напряжение на входе в пропорциональную частоту следования импульсов. -



**Рис. 1. Функциональная схема системы управления процессом подготовки руды к измельчению**

В состав микросхемы таймера серии 1006ВИ1 входит устройство распределения импульсов. Распределителем сигналов является микросхема AD9510. Регулятор напряжения представляет собой стандартный пропорциональный П-регулятор. В качестве преобразователя скорости перемещения руды используют электромагнитный расходомер, работающий в режиме измерения скорости. В качестве задатчика потребляемой энергии при измельчении руды используют ваттметр, установленный в двигателе мельницы.

Устройство работает следующим образом.

От источника питания через электронный ключ происходит заряд емкостного накопителя. Далее емкостной накопитель разряжается через НЧ индуктор. При прохождении рудопотока через пульпопровод на обрабатываемый материал воздействует магнитное поле НЧ индуктора. Через заданное время емкостной накопи-

тель разряжается через ВЧ индуктор. При этом одновременно воздействуют магнитные поля, создаваемые НЧ и ВЧ индукторами. Величину времени задержки воздействия импульсным магнитным полем ВЧ индуктора определяют, исходя из условия максимальных значений произведений токов, проходящих через НЧ и ВЧ индукторы, и напряжений на этих индукторах.

Во время воздействия электромагнитных полей на руду происходит ослабление связей между зернами руды. В зависимости от степени разупрочнения руды увеличивается или уменьшается потребляемая энергия на измельчение руды в мельнице.

Величину потребляемой энергии определяют посредством задатчика энергии. При отсутствии воздействия импульсного магнитного поля на руду осуществляют измерение скорости рудопотока посредством преобразователя скорости перемещения руды путем снятия с электродов пульпо-

проводы сигналов, возбуждаемых взаимодействием потока жидкости с магнитным полем, создаваемым НЧ индуктором и ВЧ индуктором, на основе закона Фарадея. Сигналы с преобразователя и задатчика подаются на регулятор напряжения, где вычисляется их разность. Эта разность служит входным напряжением для интегратора ПНЧ, которое в данный момент увеличивается (ключ замкнут). В начальный момент времени, когда напряжение на нем равно нулю, компаратор переключается, запуская тем самым таймер. Таймер формирует импульс стабильной длительности, который управляет аналоговым ключом. Ключ размыкается, вызывая уменьшение выходного напряжения интегратора. Далее описанный процесс снова повторяется. Для каждого из по-

следовательности этих импульсов организуется распределение на три импульса, управляющих соответственно электронными ключами 1, 2, 3. Длительность импульсов с нулевого выхода распределителя таймера определяет заряда емкостного накопителя, а длительность импульсов с первого и второго выхода – время разряда и воздействие на рудный материал НЧ и ВЧ магнитными полями соответственно.

Результат разработки системы управления процессом подготовки руды к измельчению будет внедряться при создании лабораторного комплекса магнитно-импульсных установок, созданных на базе «Научно-образовательного центра «Инновационные горные технологии» на кафедре «Горная физика» МГГУ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евразийский патент № 003853
2. Гончаров С.А., Ананьев П.П., Иванов В.Ю. Разупрочнение горных пород под действием импульсных электромагнитных полей. – М.: Издательство МГГУ, 2006. – 55 с.
3. Материалы 5 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. – М: УРАН ИПКОН РАН, 2008 – 110 с.
4. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/adc/adc53.htm>. ГИАБ

#### Коротко об авторе

Осипова Н.В. – студентка группы АУ-03-М, кафедра Автоматики и управления в технических системах, nvo86@mail.ru  
Московский государственный горный университет,  
Moscow State Mining University, Russia

