

Х. ШАМАЛЛАХ
(Україна, Дніпропетровськ, Національний горний університет)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПЕРЕГРУЗКИ ШАРОВЫХ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ

На обогатительных фабриках руд черных и цветных металлов, промышленности строительных материалов, тепловой энергетики для измельчения руд, угля и других видов сырья широкое применение нашли шаровые барабанные мельницы. Физико-механические свойства руды, угля и других видов сырья, таких как твердость, крупность, измельчаемость изменяются в широких пределах. В результате периодически происходит перегрузка мельниц измельчаемым материалом, что приводит к остановке мельниц, непроизводительным затратам времени на разгрузку мельницы и, в конечном счете, к недопуску продукции и экономическим потерям. Из-за динамических особенностей мельницы перегрузка происходит незаметно, и мельница быстро переходит в состояние "завала". До настоящего времени в промышленности отсутствуют надежные технические средства диагностики перегрузки мельниц.

Целью настоящей работы является теоретическое и экспериментальное обоснование способа автоматической диагностики перегрузки шаровых барабанных мельниц измельчаемым материалом.

Эпюра заполнения шаровой мельницы рудой и шарами представлена на рис. 1.

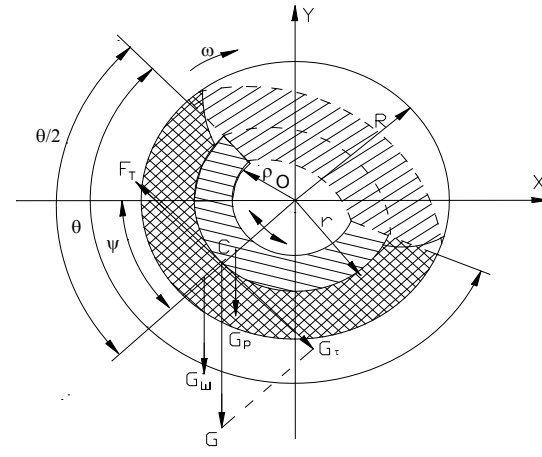


Рис. 1. Эпюра заполнения шаровой мельницы рудой и шарами:

ω – угловая скорость вращения барабана мельницы; R – радиус барабана мельницы; r – радиус эпюры заполнения мельницы шарами; ρ – радиус эпюры заполнения мельницы рудой; G_p – вес рудной загрузки мельницы; G_m – вес шаровой загрузки мельницы; G – суммарный вес рудно-шаровой загрузки; θ , ψ – угловые характеристики эпюры заполнения мельницы; F_T – результирующая сила трения в мельнице; G_T – тангенциальная составляющая силы веса G

При вращении барабана мельницы под воздействием силы F_T и G_T возникают колебания центра тяжести рудно-шаровой загрузки C . В результате изменяется угол ψ , характеризующий положение центра тяжести мельницы. Изменяется механический момент создаваемый мельницей на валу приводного двигателя мельницы и возникают колебания активной мощности синхронного электродвигателя мельницы, $P_n(t)$, вид которых представлен на рис. 2.

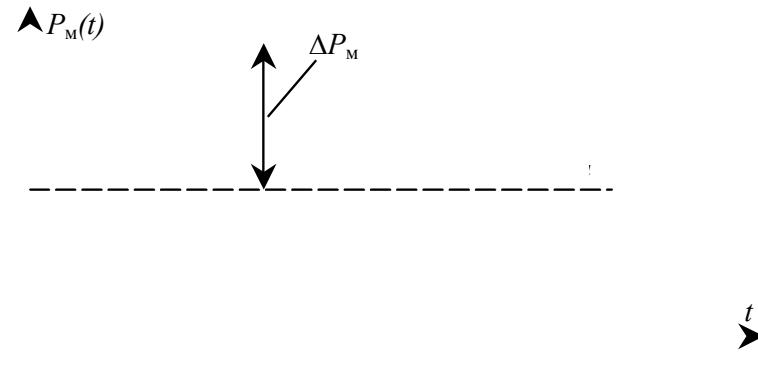


Рис. 2. Сигнал активной мощности синхронного электродвигателя мельницы

Сигнал $P_n(t)$ представляет собой случайный процесс, характеристикой которого является спектральная плотность $S(\omega)$. Причем

где \bar{P}_n – среднее значение активной мощности двигателя мельницы.

При перегрузке мельницы рудой резко изменяется динамический режим фрикционных колебаний рудно-шаровой загрузки мельницы, что приводит к изменению спектральных характеристик сигналов активной мощности приводного двигателя мельницы, акустического сигнала издаваемого мельницей, вибраций в подшипниках мельницы, что может быть использовано для диагностики перегрузочного режима мельницы.

Рассмотрим теоретическое обоснование этого явления.

В работе [1] представлены линеаризованные статические характеристики мельницы:

(1)

(2)

где ΔP_n – приращение активной мощности потребляемой электродвигателем мельницы; ρ – плотность пульпы в мельнице; ΔG_p – приращение рудной загрузки мельницы рудой; $\Delta \psi$ – приращение степени заполнения мельницы рудой.

Из (1) получим

(3)

Коэффициент передачи мельницы

(4)

(5)

График зависимости коэффициента передачи мельницы МШР 3,6 4,0 от степени ее загрузки рудой представлен на рис. 3.

Рис. 3. График зависимости коэффициента передачи мельницы МШР 3,6 4,0 от степени ее загрузки рудой:
 r : 1- $r = 0,75$ м (90 т шаров); 2- $r = 1,11$ м (75 т шаров);
3- $r = 1,43$ м (50 т шаров)

Данные для расчета взяты из работы [1].

Анализ графика рис. 3 показывает, что при перегрузке мельницы рудой коэффициент передачи мельницы по каналу: колебания угла ψ , характеризующего положение центра тяжести мельницы – колебания активной мощности приводного двигателя мельницы, равен нулю при любой шаровой загрузке.

Известно [2], что спектр сигнала активной мощности двигателей мельницы $S(\omega)$ имеет технологические частоты, характеризующие состояние рудно-шаровой нагрузки и технические частоты, характеризующие состояние подшипников мельницы.

В связи с вышесказанным при перегрузке мельницы в спектре амплитуды сигнала активной мощности приводного двигателя мельницы теоретически должны исчезать амплитуды колебаний на технологических частотах.

Экспериментальные исследования проводились на мельнице МШР 2,4 2,7, работающей в открытом цикле.

При перегрузке мельницы осциллографировался шлейфовым осциллографом Н700 сигнал активной мощности приводного двигателя мельницы. Осциллографирование проводилось также в нормальных режимах работы мельницы. Типовые спектральные плотности сигналов активной мощности для трех режимов работы мельницы с разной степенью загрузки представлены на рис. 4.

Рис. 4. Спектральные плотности сигнала активной мощности приводного двигателя шаровой мельницы МШР 2,4 2,7:
1 – $Q_0 = 50$ т/час; 2 – $Q_0 = 80$ т/час; 3 – $Q_0 = 105$ т/час

Анализ спектральных плотностей рис. 4 показывает, что в режиме перегрузки при производительности на входе $Q_0 = 105$ т/час превышающей номинальную производительность на 25 т/час в спектральной плотности сигнала активной мощности практически отсутствуют технологические колебания с частотой $\omega_n = 0,68$ с⁻¹, что соответствует выводам результатов теоретических исследований. При этом общая дисперсия сигнала резко уменьшается. Это явление может быть использовано для технологической диагностики режима перегрузки мельницы рудой.

Из работы [3] известно, что для технологической диагностики режимов работы оборудования целесообразно применять цифровые вейвлет-фильтры, которые позволяют повысить надежность систем технологической и технической диагностики.

Функциональная схема системы технологической диагностики перегрузки шаровых мельниц рудой представлена на рис. 5.

Рис. 5. Функциональная схема системы технологической диагностики перегрузки шаровых мельниц рудой

Здесь 1 – бункер с рудой; 2 – конвейер 3 – шаровая мельница; 4 – приводной электродвигатель мельницы; 5 – измерительный преобразователь активной мощности P_M мельницы; 6 – цифровой вейвлет-фильтр; 7 – логическое устройство; 8 – сумматор; 9 – регулятор загрузки мельницы; 10 – вибротитатель; Q_{03} – задние регуляторы загрузки; Q_0 – производительность конвейера по исходной руде; V_M – расход воды в мельнице.

Исходная руда из бункера 1 по конвейеру 2 с производительностью Q_0 поступает в мельницу 3, которая вращается приводным электродвигателем 4. Сигнал активной мощности измеряется преобразователем 5 и поступает на цифровой фильтр 6, который измеряет сигнал активной мощности P_M на технологической частоте ω_n , соответствующей параметрическим фрикционным колебаниям [2]. При нормальном режиме работы мельницы без перегруза логическое устройство 7 не выдает сигнал коррекции на регулятор загрузки 9 через сумматор 8.

При перегрузке мельницы рудой, например при увеличении твердости или крупности руды в сигнале P_M исчезают колебания на частоте ω_n . Напряжение на входе логического устройства 7 падает, а на выходе устройства 7 появляется корректирующий сигнал, обозначенный пунктирной линией, который снижает задание Q_{03} регулятора загрузки 9 и мельница выходит из режима перегрузки.

Список литературы

1. Техника и технология обогащения руд. – М.: Недра, 1985. – 240 с.
2. Марюта А.Н. Практические расчеты по внутренней механике барабанных рудоразмольных мельниц // Изд. вузов. Цветная металлургия. – № 3. – 1989. – С. 17–26.
3. Шамаллах Х. Фильтрация сигналов с использованием вейвлет-преобразований // Научный вестник НГУ. – №9. - 2004. – С.24-26.