

УДК 004.421

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

А. Н. Полено, к. т. н. А. Ф. Бондаренко, В. А. Диденко

Донбасский государственный технический университет

Украина, г. Алчевск

polyenoom@gmail.com, bondarenkoaf@gmail.com

Предложен алгоритм функционирования компьютерной информационно-измерительной системы для мониторинга механических колебательных процессов. Испытания показали, что разработанный алгоритм способен обеспечить необходимую точность измерений параметров колебаний при величине хода кристаллизатора 3 мм точность измерения перемещения на одном периоде качания составляет $\pm 0,025$ мм.

Ключевые слова: компьютерная система, измерение, колебание, акселерометр, алгоритм.

Существуют технологии, которые используют в производственном цикле колебательные механические процессы. Примером таких технологий может служить изготовление металлических заготовок в машине непрерывного литья (МНЛЗ), ядром которой является кристаллизатор, обеспечивающий отвод тепла от поверхностных слоев жидкого металла. Для предотвращения прилипания металла к стенкам кристаллизатора последний совершает колебательные движения вдоль технологической оси [1—3]. Также в качестве примера технологий, использующих колебательные процессы, можно привести технологию сепарирования, в частности разделение многокомпонентных сыпучих смесей на фракции посредством просеивания через колеблющееся решето.

Эффективность указанных технологий во многом определяется точностью поддержания оптимальных параметров механических колебаний: амплитуды, частоты, траектории [1—9]. От того, насколько фактические параметры колебаний соответствуют заданным, непосредственно зависит и качество конечной продукции, и состояние технологического оборудования. Поэтому очень важно вести мониторинг параметров колебаний работающих механизмов для своевременного выявления отклонений, предупреждения технологических сбоев и аварийных ситуаций.

Развитие компьютерных технологий позволяет существенно повысить эффективность измерительных систем для мониторинга механических колебательных процессов. С помощью специализированных программно-аппаратных комплексов можно выполнять как периодическое отслеживание параметров колебаний, так и их непрерывный мониторинг. Следует, однако, отметить, что существующие системы разрабатываются исключительно за рубежом (ЗАО «Техноап» – Россия, «Siemens VAI Metals Technologies» – Австрия, «Kiss Technologies Inc.» – США, «Tozato Measurements» – Бразилия, «Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.» – Германия, «Ergolines Lab s.r.l.» – Италия) [4—9], имеют очень высокую стоимость, их наладка и сервисное обслуживание в Украине требуют привлечения иностранных консультантов от фирм-производителей, что сопряжено со значительными временными и материальными затратами. Кроме того, интегрирование выпускаемых информационно-измерительных систем в АСУТП отечественных предприятий зачастую требует их согласования по уровням сигналов, интерфейсам и т.д., что также подразумевает участие зарубежных специалистов.

Авторами разработана компьютерная информационно-измерительная система для мониторинга параметров качания кристаллизатора МНЛЗ. Обобщенная структурная схема системы показана на рис. 1.

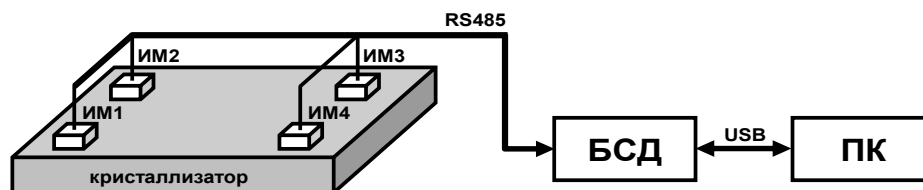


Рис. 1

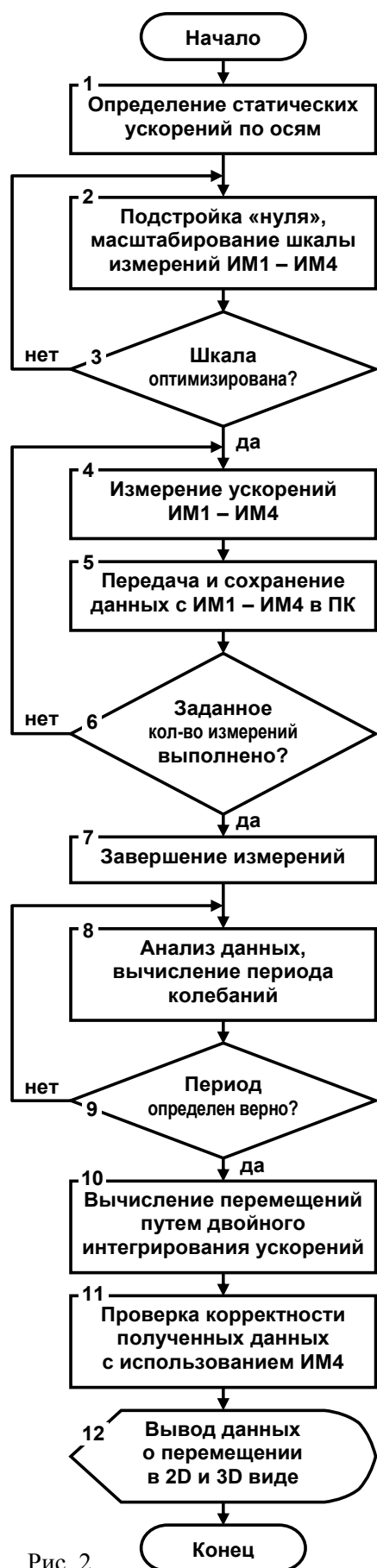


Рис. 2

Система позволяет отслеживать траекторию движения кристаллизатора и определять ее отклонение от сигнала задания. На рис. 1 обозначены: ИМ1—ИМ4 – измерительные модули на основе трехосевых микроэлектромеханических акселерометров (MEMS), содержащие также схемы преобразования сигналов; БСД – блок сбора данных; ПК – персональный компьютер.

Целью данной работы является разработка алгоритма функционирования информационно-измерительной системы, обеспечивающего высокую точность измерения параметров механических колебательных процессов за счет применения специальных методов.

Предлагаемый алгоритм представлен на рис. 2.

Перед началом измерений датчики размещаются в контрольных точках на поверхности кристаллизатора.

Сразу после запуска системы выполняется определение начальных статических ускорений по осям X, Y, Z (проекции ускорения свободного падения g) каждого датчика с целью учета в дальнейших вычислениях возможного наклона датчиков при установке (блок 1 алгоритма).

Затем выполняется автоматическая калибровка измерительных модулей ИМ1-ИМ4 (блоки 2 и 3 алгоритма), в результате которой осуществляется подстройка нулевых уровней для осей X, Y, Z каждого датчика и подбор коэффициентов усиления сигналов с целью оптимального использования шкалы измерений.

Далее с помощью ИМ1—ИМ4 производятся измерения ускорений с установленной частотой опроса, и полученные данные передаются в ПК (блоки 4—7 алгоритма). Процесс измерений завершается после того как количество проведенных измерений достигает заданного значения.

Следующий этап — обработка данных, полученных в результате измерений, конечной целью которой является расчет траектории перемещения кристаллизатора (блоки 8—10 алгоритма). Вычисление перемещений осуществляется путем двойного интегрирования измеренных ускорений. Для корректного выполнения интегрирования предварительно определяются начальные условия. Во избежание накопления ошибки интегрирования делается привязка к характерным моментам времени на кривых ускорения, скорости и перемещения. Поскольку колебания кристаллизатора являются периодическими, удобно выполнить привязку к периоду либо половине периода колебаний, тогда в моменты времени, кратные периоду, начальные условия при интегрировании можно считать нулевыми. Период колебаний вычисляется с помощью автокорреляционной функции. После определения периода колебаний выполняется интегрирование.

Поскольку кристаллизатор представляет собой жесткую плиту, деформациями которой можно пренебречь, для определения его положения в пространстве достаточно знать положения трех точек на его поверхности, т.е. получать информацию о перемещениях с трех измерительных модулей ИМ1—ИМ3. Информация с четвертого модуля ИМ4 является избыточной и используется для проверки корректности определения траектории движения кристаллизатора (блок 11 алгоритма). Проверка выполняется путем теоретического расчета траектории движения

четвертой точки на поверхности кристаллизатора на основании измеренных перемещений трех других точек и сравнения траектории движения, полученной теоретически, с траекторией, измеренной фактически.

Вывод измеренных и рассчитанных данных (блок 12 алгоритма) производится в виде двумерных временных диаграмм, а также в виде динамической трехмерной модели кристаллизатора с отображением траекторий перемещения четырех точек на его поверхности.

Таким образом, в предложенном алгоритме реализовано несколько методов повышения точности измерений, а именно: учет необходимых начальных условий, оптимизация измерительной шкалы, минимизация ошибки интегрирования, проверка корректности измеренных данных.

Алгоритм реализован в информационно-измерительной системе, которая успешно прошла испытания при мониторинге параметров качания кристаллизатора МНЛЗ на ОАО «Алчевский металлургический комбинат». Также система была опробована при измерении параметров колебаний решета механизма «грохот» на углеобогатительной фабрике.

Основные технические параметры системы: количество измерений в секунду — 1600; разрешающая способность — 0,5 мг; время измерения — 3 с. Выходные данные системы: ускорения, скорости и перемещения по каждой из трех осей каждого датчика.

В результате проведенных испытаний установлено, что разработанный алгоритм способен обеспечить необходимую точность измерений параметров колебаний. Так, при величине хода кристаллизатора 3 мм точность измерения перемещения на одном периоде качания составляет $\pm 0,025$ мм.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Антикуз О.В. Обґрунтування параметрів руху кристалізатора машини безперервного лиття заготовок і вдосконалення його конструкції: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.08 / Антикуз Олег Васильович.— Донецьк, 2010. — 20 с.

2. Сидоров В.А., Сотников О.Л., Птуха В.С. Організація технічного обслуговування та ремонту механізму хитання кристалізатора МБЛЗ // Захист металургійних машин від поломок. Збірник наукових праць. — Маріуполь: ПДТУ, 2009.— Вип. 11.— С. 125—129.

3. Lang Oliver, Traugott Michael, Sander Richard. Improvements for Continuous Casting with Examples from Voestalpine Casters in Linz // METAL 2005, 14th International Metallurgical & Material Conference.— Czech Republic.— 2005.— P. 1—6. Режим доступа http://www.metal2012.com/files/proceedings/metal_05/papers/221.pdf. — 28.01.2013.

4. Продукция НПП «ТехноАп» <http://www.technoap.ru/product.htm>. — 28.01.2013.

5. SIMETAL OsciChecker - Metals Technologies - Siemens <http://www.industry.siemens.com/verticals/metals-industry/en/metals/ccm/continuous-casting/oscillation-checker/Pages/Default.aspx>.— 28.01.2013.

6. Kiss Technologies Inc. Products <http://www.kisstechologies.com/products.asp>. — 28.01.2013.

7. Tozato Measurements TE-SiMOM – Mould Oscillation Monitoring System <http://www.tozato.com.br/informacao/produtos/1/1>. — 28.01.2013.

8. Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K. Mould Oscillation Measuring System. http://www.mmf.de/special_products.htm.— 28.01.2013.

9. Ergolines innovation partner. OPI – Oscillation path instrument for billet, bloom and slab casters http://www.ergolines.it/site/wp-content/uploads/2012/03/ERG_scheda_OPI_WEB.pdf.— 28.01.2013.

О. М. Polyeno, О. F. Bondarenko, V. O. Didenko

The operation algorithm of computer information and measuring system for mechanical oscillation processes monitoring.

The operation algorithm of computer information and measuring system for mechanical oscillation processes monitoring is proposed. The tests showed that the developed algorithm is able to provide high accuracy of oscillation parameters measurement: the displacement measurement precision per one period of oscillation is $\pm 0,025$ mm for the magnitude of the mold oscillation 3 mm.

Keywords: *computer system, measurement, oscillation, accelerometer, algorithm.*