

ОБОБЩЕННАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МАКРОМОДЕЛЬ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Л.С. Казаринов, Т.А. Барбасова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Л.С. Казаринов

Южно-Уральский государственный университет,

Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, 454080

E-mail:tatyana_barbasova@mail.ru

В работе предлагается структура динамической макромоделей ДП, которая дополняет известные детализованные статические модели ДП. Рассматриваемые алгоритмы описывают динамику физико-химических процессов в привязке к временным интервалам управления и численным значениям управляющих воздействий. Большинство существующих моделей доменного процесса ориентированы на решение проектных задач и поэтому являются в высокой степени детализованными. Для решения задач оперативного управления доменным процессом подобные модели имеют ограниченную применимость по следующим причинам: 1. Неполная наблюдаемость режимных параметров доменного процесса, что приводит к отсутствию информации о текущих значениях множества режимных параметров. Вследствие этого, детализованные модели приводят к значительным ошибкам прогноза при оперативном управлении. 2. Отсутствию учета динамики процессов, что с точки зрения теории управления является недопустимым и приводит также к значительным ошибкам оперативного управления. Подобные недостатки детализованных моделей ДП присущи широкому классу пиротехнологических и физико-химических технологических процессов. Для преодоления указанных недостатков в настоящее время развивается передовая технология модельно-упреждающего управления, специально ориентированная на решение задач эффективное управление пиротехнологическими и физико-химическими технологическими процессами. Преимущества модельно-упреждающего управления следующие: решение задач прогноза значений режимных параметров осуществляется на основе обобщенных динамических моделей технологического процесса, которые строятся в реальном времени на основе текущих данных эксплуатации по критерию минимума ошибки прогноза; задача управления технологическим процессом решается оптимальным образом на текущем горизонте прогноза по критерию минимума ошибки управления. В существующей литературе подход на основе модельно-упреждающего управления к оперативному управлению доменным процессом не освещен [1-9].

Структура динамической макромоделей процессов ДП

В основе обобщенной динамической макромоделей ДП лежат обобщенная динамическая макромоделей в горне, представленная на рис. 1. Данная модель зависит от динамики потоков энергии и потоков рабочих материалов в печи. Общая структура динамической макромоделей представлена на рисунке 1.

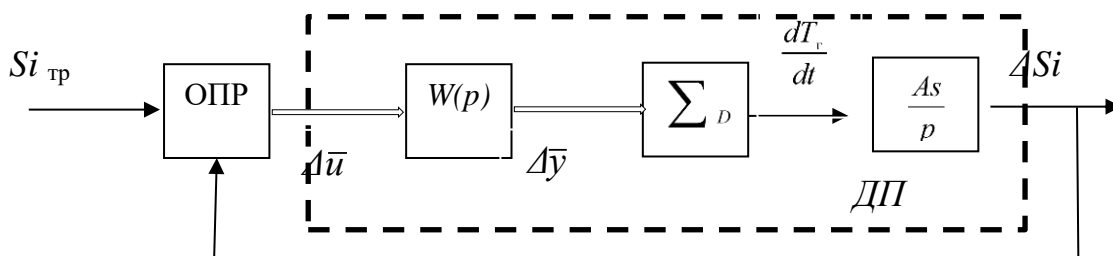


Рис.1. Общая структура динамической макромоделей

Si_{tr} – требуемое значение содержания кремния в чугуна, %, ОПР – оператор, осуществляющий оперативное управления ДП, $\Delta \bar{u}$ – вектор управляющих параметров (расход кокса, расход дутья, расход пара на увлажнение, подача природного газа), $\Delta \bar{y}$ – вектор управляющих воздействий, приведенных во времени к горну печи, $W(p)$ – блок передаточных функций, описывающих динамику приведения во времени управляющих воздействий к горну печи, \sum_D – модель связи управляющих

воздействий, приведенных во времени к горну печи, со скоростью изменения усредненной температуры в горне, $\frac{\Delta S}{p}$ – блок накопления энергии в горне ДП, ΔS_i – изменение содержания кремния в чугуне.

Предлагаемая динамическая макро модель ДП дополняет известные разработанные статические модели ДП, в том, что алгоритмы здесь описывают динамику физико-химических процессов в привязке к временным интервалам управления и численным значениям управляющих воздействий.

Оперативное управление ДП в реальном времени

Решение задачи оперативного управления ДП производится с точки зрения динамики стабилизации режимных параметров в заданных областях повышенной эффективности. Решение данной задачи представляет большие трудности, т.к. доменный процесс как объект управления обладает весьма сложными свойствами: 1) динамикой ДП, развивающейся на длительных интервалах времени (до 40 часов); 2) нелинейными нестационарными характеристиками; 3) распределенными параметрами; 4) большим уровнем возмущающих воздействий; 5) отсутствием наблюдаемости многих характеристик процесса.

Отработка предлагаемых алгоритмов управления на основе динамической макро модели проводилась в программном пакете Vissim. В качестве примера на рисунках 2-3 приводится вариант регулирования требуемого уровня S_i изменением расхода кокса в подачу.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011. В настоящее время разработана схема динамической макро модели ДП, показана ее работоспособность на частных примерах. В перспективе необходимо провести работу по созданию автоматизированной системы управления доменным процессом в целом на основе многоуровневого подхода, где на верхнем уровне моделируется динамическое взаимодействие частных физико-химических процессов, а на нижнем уровне реализуются детализованные расчёты физико-химических процессов на основе существующих методик и программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maddaloni A., Porzio G.F., Gianluca Nastasi, Colla V., Branca T. A. Multi-objective optimization applied to retrofit analysis: A case study for the iron and steel industry // Applied Thermal Engineering, – 2015. – vol. 91. – P. 638–646.
2. Zhang Sh., Worrell E., Crijns-Graus W., Wagner F., Cofala J. Co-benefits of energy efficiency improvement and air pollution abatement in the Chinese iron and steel industry // Energy. – 2014. – vol. 78. – P. 333–345.
3. Lazzarin R. M., Noro M. Energy efficiency opportunities in the production process of cast iron foundries: An experience in Italy // Applied Thermal Engineering. – 2015. – vol. 90. – P. 509–520.
4. Jin P., Jiang Z., Bao Ch., Hao Sh., Zhang X. The energy consumption and carbon emission of the integration steel mill with oxygen blast furnace. Resources // Conservation and Recycling. – 2017. – vol. 117. – P. 58–65.
5. Liu X., Chen L., Qin X., Sun F. Exergy loss minimization for a blast furnace with comparative analyses for energy flows and exergy flows // Energy. – 2015. – vol. 93. Part 1. – P. 10–19.
6. Lin B., Wang X. Promoting energy conservation in China's iron & steel sector // Energy. – 2014. – vol. 73. – P. 465–474.
7. Helle H., Helle M., Pettersson F., Saxén H. Multi-criteria optimization of ironmaking in the blast furnace with top gas recycling // ISIJ Int. – 2010. – vol. 50. – P. 1380–1387.
8. Mitra T., Helle M., Pettersson F., Saxén H. Multiobjective optimization of top gas recycling conditions in the blast furnace by genetic algorithms // Mater Manuf Process. – 2011. – vol. 26. – P. 475–480.
9. Helle H., Helle M., Saxén H. Nonlinear optimization of steel production using traditional and novel blast furnace operation strategies // Chem Eng Sci. – 2011. – vol. 66. – P. 6470–6481.