

отрицательно сказывается на точности нахождения вещественных корней.

При использовании результата двух многочленов приходится вычислять определитель матрицы Сильвестра. Сложность и время таких вычислений при больших степенях резко возрастают, и, кроме того, сильно ухудшается обусловленность задачи отыскания корней системы двух полиномиальных уравнений.

Список источников

1. Бухберг Б. Компьютерная алгебра / Б. Бухберг, Дж. Коллинз, Р. Лоос. – М.: Мир, 1986.
2. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. / А.Г. Курош. – М: Наука, 1968.
3. Кудашев В.С., Пряшников Ф.Д. Информационная технология для исследования робастности судовых автоматизированных систем //Проблемы автоматизации электромеханических процессов и электропривода: Материалы междунар. студенч. научн.-техн. конф., г. Севастополь, 15-18 мая 2001 г. - Севастополь: Изд-во СевГТУ, 2001. - С. 14.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЕЛИЧИНЫ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ПЛАВКЕ В ДСП

Сердюк А.А., Разживин А.В.,

Донбасская государственная машиностроительная академия,
Краматорск, Украина

Из-за многообразия действующих факторов, неподдающихся контролю, и вероятностного их характера не могут быть с достаточной для практики степенью точности описаны детерминированными методами процессы, происходящие в дуговой электропечи. В этом случае применяются иные методы, например, статистические.

Специальным и актуальным является вопрос идентификации некоторых состояний процессов плавки, носящих вероятностный характер и неподдающихся непосредственному контролю. Наиболее актуальными являются проблемы идентификации тепловых потерь при дуговой плавке. Эти проблемы могут быть решены с использованием статистических методов принятия решений, а также

с помощью идентификации для заполнения таблиц данных по тепловым потерям.

При статистическом заполнении таблиц с данными мощностей тепловых потерь в зависимости от мощности на ступени напряжения печного трансформатора и масс металла в ковше определенного типоразмера возникают:

- пробелы в таблицах, которые необходимо заполнить;
- ошибки при заполнении базы данных, связанные с неточностью измерений.

Возникновение пробелов в таблицах данных связано с тем, что необходимо проведение большого количества опытов, что не представляется возможным.

Для устранения ошибок и пробелов в таблицах данных необходимо проводить идентификацию величины мощности тепловых потерь по ходу плавки.

При анализе энергетических процессов по интегральным показателям в дуговой сталеплавильной печи учет пространственного распределения может быть сделан с использованием решения дифференциальных уравнений в частных производных операторным методом:

При анализе энергетических процессов по интегральным показателям представляет интерес средневзвешенная энтальпия металла

$$i(t) = \frac{1}{M} \cdot \sum_i^n \gamma \cdot \int_{v_i} c_i(T) \cdot T_i(x, y, z, t) dx dy dz,$$

где M – общая масса нагреваемых тел; γ – плотность; c – удельная теплоемкость; v_i – объемы отдельных частей; T – температура; $i = 1, \dots, n$; n – количество элементарных объемов.

Для параметра $i(t)$ может быть записано очевидное уравнение, которое вытекает из закона сохранения энергии

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{M} (P(t) - P_{mn}(t)), \quad (1)$$

где $P(t)$ – потребляемая мощность; $P_{mn}(t)$ – мощность потерь.

В этом случае все сводится к выбору способа контроля или идентификации величины мощности тепловых потерь $P_{mn}(t)$.

Тепловые потери дуговой печи состоят из сравнительно небольших постоянных потерь через футеровку, потерь с охлаждающей водой и наиболее значительных переменных потерь с отходящими газами [1]. Часть потерь может и должна контролироваться. Особенно актуальной является задача контроля потерь с отходящими газами.

Большую роль в теплообмене рабочего пространства печи играет футеровка, т.к. по мере расплавления и разогрева металла футеровка аккумулирует тепло. При этом температура поверхностных слоев футеровки более быстро и резко реагирует на изменение мощности, чем температура ванны жидкого металла. Если учесть, что изменение энтальпии Δi является суммой энтальпии всех участвующих в теплообмене тел [1], тогда уравнение (1) можно записать в виде

$$M \frac{di}{dt} = C_m \cdot M_m \cdot \frac{dT_m}{dt} + C_\phi \cdot M_\phi \cdot \frac{dT_\phi}{dt}, \quad (2)$$

где C_m, C_ϕ – удельные теплоемкости металла и футеровки соответственно; M_m, M_ϕ – масса жидкого металла и футеровки соответственно; $\frac{dT_m}{dt}, \frac{dT_\phi}{dt}$ – интенсивность нагрева металла и футеровки соответственно.

Изменение энтальпии металла записывается следующим образом

$$\Delta i = \frac{1}{M} \cdot [P_{\text{дуги}} - P_{mn} \cdot \Delta t], \quad (3)$$

где $P_{\text{дуги}}$ – мощность выделяемая на электрической дуге, МВт; P_{mn} – мощность тепловых потерь, МВт, равная

$$\Delta P_H^{mn} = \gamma \cdot \frac{M}{\Delta t} \cdot (\Delta i - C_m \cdot \Delta t), \quad (4)$$

где $\gamma = \frac{1}{n}$ – коэффициент, определяющий размер очередного шага измерений; n – необходимое число измерений; ΔT – действительное изменение температуры за время Δt .

С учетом формул (2) и (3) изменение температуры металла за время Δt примет вид

$$\frac{dT_M}{dt} = \frac{1}{C_M \cdot M_M} \cdot \left(P_{\text{дуги}} - P_{mn} - C_\phi \cdot M_\phi \cdot \frac{dT_\phi}{dt} \right), \quad (5)$$

где P_{mn} – мощность тепловых потерь, МВт.

Адаптивная модель печи в виде (5) позволяет иметь непрерывную информацию о таком важнейшем параметре плавки, как температура жидкого металла, но при условии, что известна величина мощности тепловых потерь.

Управление печью можно описать следующим уравнением [1]

$$T_1 \cdot T_2 \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + (T_1 + T_2) \cdot \frac{dx}{dt} + x = k_0 \cdot \left(u + \sigma \cdot T_1 \cdot \frac{du}{dt} \right), \quad (6)$$

где T_1, T_2 – постоянные времени ($T_1 > T_2$); k_0 – коэффициент усиления; σ – параметр, учитывающий характер реакции системы.

Уравнение (6) позволяет учесть специфику реакции многих электротермических установок, имеющих в наличии две составляющие, одна из которых соответствует относительно быстрой реакции поверхностных слоев, а вторая – более медленному влиянию распределенных параметров. В общем случае эти реакции могут иметь одинаковые ($\sigma > 0$) или разные ($\sigma < 0$) знаки.

Применительно к ДСП уравнение (6) с учетом (5) в операторной форме можно записать в следующем виде [2, 3]

$$\begin{aligned}
 W_{\text{печи}}(p) &= \frac{\Delta T_M(p)}{P_{\text{дуги}}(p) - P_{\text{тп}}(p)} = \frac{K_M \cdot e^{-\tau \cdot p} + K_\phi}{T_M T_\phi p^2 + (T_M + T_\phi)p + 1} = \\
 &= \frac{\frac{e^{-\tau \cdot p}}{C_M \cdot M_M} + \frac{1}{C_\phi \cdot M_\phi}}{T_M T_\phi p^2 + (T_M + T_\phi)p + 1}
 \end{aligned} \tag{7}$$

где C_M, C_ϕ – удельная теплоемкость металла и футеровки соответственно; M_M, M_ϕ – масса металла и футеровки соответственно; T_M, T_ϕ – постоянная времени жидкого металла и футеровки; K_M – коэффициент передачи металла; K_ϕ – коэффициент передачи футеровки.

Уравнение (7) является уравнением управления дуговой сталеплавильной печью по температуре жидкого металла. В данном уравнении является неопределенной величина подведенной мощности, равная $P_{\text{под}} = P_{\text{дуги}} - P_{\text{тп}}$. Величина мощности на дуге $P_{\text{дуги}}$ определяется произведением измеренных действительных значений напряжения и силы тока на вторичной стороне печного трансформатора $P_{\text{дуги}} = U_{\text{дуги}} \cdot I$, Когда величина мощности тепловых потерь $P_{\text{тп}}$ неизвестна и требует ее идентификации.

Для определения величины значений тепловых потерь, необходимо построение обратной математической модели печи (7), выходным параметром которой будет поправка, определяемая по формуле (4). Входным параметром данной модели будет разность между смоделированной интенсивностью нагрева по уравнению (7), и интенсивностью нагрева, полученной путем измерения температуры металла в определенный промежуток времени Δt .

Согласно [1]

$$\begin{aligned}
 \Delta T_{\text{мод}}(p) &= [P_\partial(p) - P_{\text{тп мод}}(p)] \cdot K_n, \\
 \Delta T_{\text{факт}}(p) &= [P_\partial(p) - P_{\text{тп факт}}(p)] \cdot K_n,
 \end{aligned}$$

тогда

$$\frac{\Delta T_{\text{мод}}(p) - \Delta T_{\text{факт}}(p)}{K_n} = [P_{\partial}(p) - P_{\text{нт мод}}(p)] - [P_{\partial}(p) - P_{\text{нт факт}}(p)]$$

или $\frac{\Delta T'(p)}{K_n} = \Delta P_{\text{нт}}(p) \Rightarrow \frac{\Delta P_{\text{нт}}(p)}{\Delta T'(p)} = \frac{1}{K_n},$

где $\Delta T'(p) = \Delta T_{\text{мод}}(p) - \Delta T_{\text{факт}}(p)$ – коррекция смоделированной интенсивности нагрева, $\Delta P_{\text{нт}}(p)$ – коррекция смоделированных тепловых потерь; $\Delta T_{\text{мод}}(p)$ – интенсивность нагрева металла полученная на модели; $\Delta T_{\text{факт}}(p)$ – фактическая (измеренная) интенсивность нагрева металла.

Из уравнения управления объектом (7):

$$\Delta P_{\text{нт}}(p) \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot p^2 + (T_1 + T_2) \cdot p \cdot \Delta P_{\text{нт}}(p) + \Delta P_{\text{нт}}(p) = \frac{\Delta T'(p)}{K_n},$$

следовательно

$$\frac{\Delta P_{\text{нт}}(p)}{\Delta T'(p)} = \frac{\frac{1}{K_n}}{T_1 \cdot T_2 \cdot p^2 + (T_1 + T_2) \cdot p + 1}$$

где T_1, T_2 – постоянные времени металла и футеровки соответственно.

Следовательно, математическую модель идентификации тепловых потерь можно представить в следующем виде

$$\Delta P_{\text{нт}}(p) = \frac{\frac{1}{K_n}}{T_1 \cdot T_2 \cdot p^2 + (T_1 + T_2) \cdot p + 1} \cdot \Delta T'. \quad (8)$$

Входными параметрами для данной модели является:

- значение разности смоделированной интенсивности нагрева и интенсивности нагрева полученной в результате измерения температуры металла $\Delta T' = \Delta T_{\text{мод}} - \Delta T_{\text{факт}}$;
- коэффициент передачи металла K_m .

Выходным параметром является мощность тепловых потерь

$\Delta P_{\text{нт}}$.

Для анализа адекватности математической модели идентификации тепловых потерь (8), было произведено моделирование тепловых потерь для различных плавов металла на комплексе «ПЕЧЬ-КОВШ» установленном на АО НКМЗ. Полученные значения тепловых потерь вычитались из мощности на электрической дуге для определения величины подведенной мощности к металлу. Затем по математической модели печи (7) определялась расчетная величина интенсивности нагрева металла. Смоделированная интенсивность нагрева сравнивались с реальной полученной в результате измерения температуры металла в различные промежутки времени, сравнение результатов показало, что максимальное расхождение составляет $\pm 4^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Мощности тепловых потерь могут быть представлены поверхностями значений и использоваться в системах автоматического управления комплексом «ПЕЧЬ-КОВШ» (см. рис. 1).

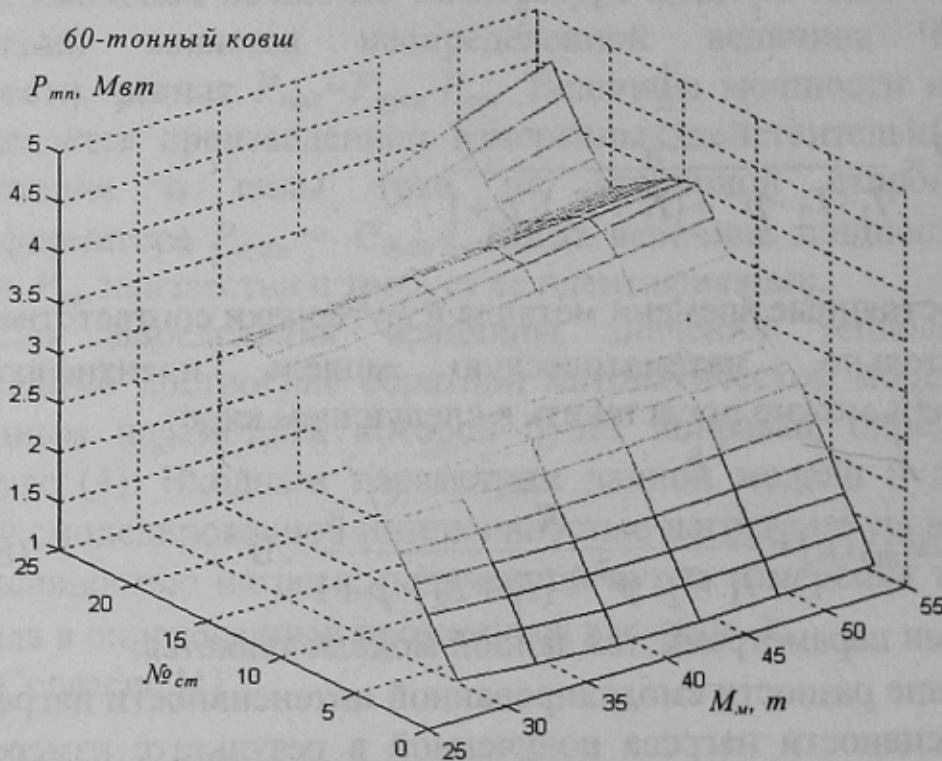


Рисунок 1 - Поверхность значений тепловых потерь для ковша объемом 60 тонн

Используя полученную поверхность значений, возможно определение значений тепловых потерь в зависимости от массы

металла и добавок, номера выбранной ступени печного трансформатора.

Список источников

1. Гитгарц Д.А. Автоматизация плавильных электропечей с применением микро-ЭВМ. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 136 с., ил. – (Б-ка электротермиста; Вып. 73).
2. Разживин А.В., Сагайда И.М. Информационное обеспечение системы автоматического управления дуговой сталеплавильной печью по температуре металла// Вісник СУДУ.- 2000.- № 3(25). – С. 215-220
3. Разживин А.В., Сердюк А.А. Тепловая модель технологической системы// Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. Тезисы докладов 8-й научно-технической конференции/ - Краматорск: ДГМА, 2001-44 с.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Журавлев Ю. В.,

Харьковский государственный технический университет
строительства и архитектуры

Современная технология производства строительных материалов, изделий и конструкций представляет собой сложный многомерный нестационарный процесс с неполным объемом информации. Некоторые параметры измеряются с большим запаздыванием и со значительной погрешностью, в частности: при расчете составов бетона и компонентов бетонной смеси; при корректировке составов с учетом активности цемента и качества компонентов; при назначении режимных параметров термообработки. Повышение качества управления свойствами бетона для обеспечения заданных прочностных характеристик в условиях жестких ресурсных ограничений и факторов неопределенности реального строительного производства возможно на пути применения новых информационных технологий, к которым относятся нечеткие системы, нейронные сети, генетические алгоритмы и ряд других [1].

Перечислим вопросы, которые должен решать оператор-технолог в процессе производства: