



УДК 681.5;65.011.56

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ УСТАТКУВАННЯ ПРОКАТНИХ КЛІТЕЙ ВІД ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ



М. Г. Ісвльсв, канд. техн. наук,
В. Б. Корбут

Аварійні ситуації і поломки устаткування прокатних станів виникають найчастіше через помилки оператора внаслідок так званого людського чинника. Протягом зміни оператори прокатних клітей повинні підтримувати високий темп прокатки, керуючись великою кількістю технологічних параметрів, які змінюються залежно від сортаменту (за марками сталі, температурами), збурюючих дій (температура прокату, знос, температурне розширення валків, зупинки стану на ремонт і профілактику, перевалка валків) тощо.

Тому розробка, виготовлення і впровадження в прокатному виробництві автоматизованих систем захисту (АСЗ) устаткування прокатних клітей від перевантажень сприятимуть підвищенню надійності роботи технологічного устаткування і запобіганню аварійним ситуаціям. Це також надасть можливість отримувати об'єктивну інформацію про хід технологічного процесу, відхилення від заданих параметрів, нестандартні ситуації, а отже – поліпшити керованість процесу, технологічну дисципліну і в результаті – підвищити якість і сортність прокату.

Структура АСЗ (див. рисунок) є ієрархічною і містить два рівні, на яких реалізуються такі функції:

- на нижньому – щодо прийому і видачі електричних сигналів зв'язку з об'єктом (датчиками, системами електроприводу тощо);
- на верхньому – щодо обробки інформації, здійснення діалогу з оперативним персоналом і обміну інформацією з іншими системами.

На нижньому рівні виконуються такі функції:

- прийом від датчиків і систем електроприводу інформації про поточні значення параметрів прокатки і стан механізмів ділянки клітей;

- стеження за переміщенням заготовок по лінії ділянки клітей;

- зіставлення перед початком кожного пропуску в чорновій і чистовій клітях мінімально допустимих значень розчину валків з реальними поточними значеннями розчину і виконання захисних дій на механізми стану, що запобігають виникненню недопустимих навантажень устаткування клітей, а саме:

- а) автоматичне обмеження швидкості зведення валків, що задається оператором за допомогою командоконтролера на рівні, який забезпечує зупин натискного механізму в разі досягнення мінімально допустимого значення розчину валків;

- б) автоматичне відключення завдання на швидкість приводу валків чорнової (чистової) кліті, що видається оператором за допомогою командоконтролера, при наближенні заготовки до валків, якщо поточне значення розчину валків менше мінімально допустимого.

На верхньому рівні виконуються такі функції:

- прийом від автоматизованої системи керування (АСК) цеху змінного завдання на прокатку, що містить вихідні дані і дані щодо замовлення партій заготовок, які підлягають прокатуванню в черговій зміні;

- оперативне коректування даних введеного завдання за вказівками операторів постів управ-

ління;

- інформаційний супровід заготовок по технологічній лінії ділянки клітей (формування «інформаційних шлейфів» заготовок, що містять вихідні дані зі змінного завдання, розрахункові і фактичні значення параметрів прокатки в кожному пропуску й інші дані щодо конкретної заготовки, необхідні для виконання всіх функцій системи);

- розрахунок для кожного пропуску в чорновій і чистовій клітях мінімально допустимих значень розчину валків, при яких зусилля прокатки (для чорнової кліті – момент прокатки) досягає максимального значення, що гарантує безаварійну роботу устаткування клітей;

- інтегрована індикація на постах управління необхідної сукупності вихідних даних, розрахункових і поточних значень технологічних параметрів прокатуваних заготовок;

- прийом і реалізація вказівок операторів постів управління про зміну режимів роботи і корекцію окремих настроювальних параметрів системи;

- систематична реєстрація в електронному форматі для кожної заготовки необхідної сукупності вихідних даних, розрахункових і фактичних значень технологічних параметрів у кожному пропуску прокатки в чорновій і чистовій клітях;

- сигналізація на постах управління і реєстрація в електронному форматі випадків недотримання мінімально допустимих значень розчину валків;

- реєстрація в електронному форматі випадків втручання операторів у роботу системи;

- роздруковування необхідних фрагментів зареєстрованих даних за запитами оперативного персоналу;

- періодична (протягом зміни, доби) передача відповідних фрагментів зареєстрованих даних в АСК цеху.

Передбачаються такі режими роботи системи:

- ручний (незахищений), при якому команди, які видаються операторами за допомогою командоконтролерів, надходять безпосередньо на входи систем електроприводу;

- захищений, при якому команди, що видаються операторами, надходять на входи систем електроприводу через систему захисту, яка ідентифікує загрозу недотримання мінімально допустимих значень розчину валків і блокує ці дії або обмежує їх на безпечному рівні.

Режими роботи для чорнової і чистової клітей вибираються відповідними операторами незалежно один від одного.

Розрахунок мінімально допустимих значень

розчину валків у чорновій і чистовій клітях засновано на визначенні величини максимально допустимих обтискань. Обмеженнями по максимуму при виборі величин обтискань є максимально допустимі зусилля прокатки (P_{ait}) і момент прокатки (M_{ait}), які визначаються характеристиками устаткування. У процесі розрахунку допустимих обтискань необхідно використовувати математичні моделі зусилля і моменту прокатки і деформації кліті.

Для автоматизації товстолистових станів, як правило, використовуються моделі, в які входять технологічні змінні, що піддаються вимірам і контролю в процесі прокатки, а також постійні коефіцієнти і функції адаптації. Для таких адаптивних моделей накопичуються експериментальні дані на конкретному стані з достатнім обсягом вибірки і шляхом їхньої статистичної обробки визначаються коефіцієнти і функції адаптації. У АСЗ можуть бути застосовані рекурентні моделі зусилля прокатки, що використовують фактичні значення зусилля прокатки і параметрів осередка деформації в реалізованих пропусках, що надасть можливість виключити із структури моделі параметри, які кількісно важко визначити (опір деформації, коефіцієнт тертя) і які залишаються незмінними протягом циклу прокатки або навіть протягом прокатки партії заготовок [1].

Ці рекурентні залежності можуть бути зображені в загальному вигляді співвідношенням

$$P_i = P_{i-1} * f(G_i, G_{i-1}),$$

де P_i, P_{i-1} – прогнозоване зусилля в i -му пропуску і фактичне – в $i-1$ -му;

G_i, G_{i-1} – очікувані параметри осередка деформації в i -му пропуску і фактичні – в $i-1$ -му.

Для чистових клітей може використовуватися рекурентна модель зусилля прокатки, яка включає в себе механізм уточнення прогнозу за фактичними даними прокатки попередньої заготовки, а також за даними здійснених пропусків поточного циклу прокатки [2].

Модель використовує залежність твердості металу q від його товщини перед пропуском h_{ex} у попередньому циклі й фактичні параметри поточного циклу прокатки однієї й тієї ж партії. При цьому q визначається як відношення P до обтискання в пропуску Δh .

Обчислені значення твердості визначають ламану лінію, що апроксимує залежність $q = f(h_{ex})$. Прогнозування зусилля прокатки засновано на

припущенні, що твердість металу в однойменних пропусках різних циклів прокатки за однакових товщин перед пропуском відрізняються внаслідок різниці нахилу окремих ділянок кривої $q(h_{ax})$, причому існує зв'язок між зміною нахилу попередньої і наступної ділянки. Таким чином, на основі зіставлення кривої q вже прокатаної (базової) заготовки з ділянкою кривої q заготовки, яка ще прокатується і побудована за вже реалізованими пропусками, виробляється прогноз q в наступному пропуску, за яким і розраховується прогнозоване зусилля прокатки:

$$q_i'^{\bar{\sigma}} = q_{i+1}^{\bar{\sigma}} + \frac{(q_i^{\bar{\sigma}} - q_{i-1}^{\bar{\sigma}})(h_{i-2}^{\bar{\sigma}} - h_{i-1}^{\bar{\sigma}})}{h_{i-2}^{\bar{\sigma}} - h_{i-1}^{\bar{\sigma}}},$$

при $i = N$ або $h_{i-1}^{\bar{\sigma}} \geq h_{i-1}^{\bar{\sigma}}$,

$$q_i'^{\bar{\sigma}} = q_i^{\bar{\sigma}} + \frac{(q_{i+1}^{\bar{\sigma}} - q_i^{\bar{\sigma}})(h_{i-1}^{\bar{\sigma}} - h_{i-1}^{\bar{\sigma}})}{h_{i-1}^{\bar{\sigma}} - h_i^{\bar{\sigma}}},$$

при $i = 1$ або $h_{i-1}^{\bar{\sigma}} < h_{i-1}^{\bar{\sigma}}$.

$$q_{i+1} = \frac{q_i}{q_i'^{\bar{\sigma}}} q_i'^{\bar{\sigma}} = q_i'^{\bar{\sigma}} K_i,$$

$$P_{i+1} = q_{i+1} \Delta h_{i+1} \gg$$

де $i, i+1$ – номер поточного (прогнозованого) пропуску;

$\bar{\sigma}$ – індекс прокатаної (базової) заготовки;

$q_i'^{\bar{\sigma}}$ – твердість базової заготовки, зведена до відповідної товщини заготовки, що прокатується;

h – товщина;

N – кількість пропусків у циклі прокатки;

$\Delta h_{i+1} = h_i - h_{i+1}^{\bar{\sigma}}$ – обтискання.

Прогнозування зусилля прокатки за цією моделлю засновано на припущенні про рівність відношення твердості металу в $i+1$ – m і i – m пропусках для базової й заготовки, що прокатується, тобто

$$\frac{q_{i+1}^{\bar{\sigma}}}{q_{i+1}} = \frac{q_i^{\bar{\sigma}}}{q_i}$$

Для визначення моменту прокатки M використовується відома залежність

$$M = 2mPl_d,$$

де m – коефіцієнт плеча прикладання зусилля прокатки P ;

l_d – довжина дуги захоплення.

Визначення P описане вище, а для розрахунку коефіцієнта m буде використана рекурентна залежність, що зв'язує очікувані параметри осередка деформації в прогнозованому пропуску й фактичні в попередньому реалізованому пропуску [1].

Використання рекурентних залежностей надає можливість прискорити обчислення за рахунок використання фактичних параметрів у реалізованих пропусках і підвищити точність прогнозу. Для здійснення прогнозів зусилля і моментів до початку прокатки можуть використовуватися відомі емпіричні моделі (нерекурентні), які даватимуть найкращі результати в умовах конкретного стану.

Описані вище моделі, апробовані розробниками АСЗ під час упровадження автоматизованих систем на товстолістових станах, зокрема ТЛС 3600 металургійного комбінату «Азовсталь»; ТЛС 3600 Бхилайського металургійного заводу, ТЛС 2250 Алчевського металургійного комбінату, показали високі результати щодо точності прогнозування [1; 3; 4].

Допустимі обтискання по зусиллю ($\Delta h_{p\bar{\sigma}}$) і моменту прокатки ($\Delta h_{i\bar{\sigma}}$) обчислюються з використанням відомих ітераційних процедур, а для подальших розрахунків вибирається мінімальне з них:

$$h_{don} = \min \left| \begin{array}{l} \Delta h_{p\bar{\sigma}} \\ \Delta h_{i\bar{\sigma}} \end{array} \right|$$

Мінімально допустимі значення розчину валків розраховуються за формулою Сімса-Головіна, однією із складових якої є деформація кліті (d), яка, визначається виразом [5]

$$d = x + \frac{P}{m(B)},$$

де x – коефіцієнт, що є функцією зносу, температурної деформації валкової системи й інших параметрів;

P – зусилля прокатки;

$m(B)$ – модуль кліті, що є функцією ширини прокатуваної заготовки.

Розрахунок мінімально допустимих значень розчину валків має здійснюватися перед кожним пропуском у чорновій і чистовій клітях.

Комплекс технічних засобів АСЗ включає в себе засоби: обчислювальної техніки; введення і відображення інформації; виміру і контролю

технологічних параметрів, а також джерела безперебійного живлення засобів обчислювальної техніки.

Можливі два варіанти технічної структури реалізації АСЗ. Перший – передбачає використання промислового комп'ютера (ПК) з модулями зв'язку з об'єктом (МЗО), який реалізує завдання двох рівнів функціональної структури. Марка і тип ПК, номенклатура МЗО визначаються на стадії техноробочого проектування.

До складу засобів обчислювальної техніки для другого варіанта технічної структури входить ПК і програмований контролер для зняття сигналів з віддалених датчиків, а також видачі дій, що управляють, на виконавчі механізми, віддалені від центрального процесора, підключені до загальної магістралі мережі. На базі ПК виконано робочу станцію, що реалізує завдання верхнього рівня функціональної структури.

Як засоби введення і відображення інформації можуть використовуватися стандартні клавіатура і монітори промислового виконання, підключені до робочих станцій (ПЕОМ) операторів постів керування технологічним процесом.

До засобів виміру і контролю технологічних параметрів належать датчики виміру положення металу і механізмів кліті, фотопірометри, датчики зусилля прокатки й ін.

Для забезпечення безперебійної і стійкої роботи всієї системи АСЗ і уникнення створення аварійної ситуації на стані застосовуються джерела безперебійного живлення, які гарантують збереження даних і коректне закінчення робіт навіть у разі аварійного відключення живлення.

Економічна ефективність АСЗ досягається за рахунок таких чинників:

- запобігання поломкам опорних і робочих

валків клітей через перевантаження;

- збільшення продуктивності стану за рахунок скорочення простоїв через незаплановані перевалки валків унаслідок їхньої поломки;

- збільшення терміну служби електро- і механообладнання стану за рахунок регламентації навантажень устаткування і дотримання енергосилових обмежень;

- поліпшення керованості процесу і підвищення технологічної дисципліни за рахунок забезпечення операторів стану вихідними даними зі змінного завдання, а також інформацією про хід технологічного процесу.

Термін окупності системи становить приблизно півроку.

Розробники АСЗ мають позитивний досвід упровадження систем автоматизації, які не лише виконували функцію контролю енергосилових параметрів, але й здійснювали високоточне управління механізмами клітей. Це створює всі передумови для успішного впровадження систем АСЗ на прокатних станах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ієвлев М. Г., Грабовський Г. Г. Математичні моделі і алгоритми керування в АСК ТП товстолистових прокатних станів. – К.: Техніка, 2001. – 248с.

2. Грабовський Г. Г., Ієвлев М. Г. Прогнозування зусилля прокатки в АСК ТП ТЛС // Автоматизація виробничих процесів. – 2002. – №2(15). – С. 124–131.

3. Грабовський Г. Г., Ієвлев М. Г. Принципи побудови та досвід впровадження АСК товстолистовими прокатними станами // Автоматизація виробничих процесів. – 2002. – №1(14). – С. 89–99.

4. Ієвлев М. Г. Стратегії автоматичного керування режимами прокатки на товстолистових прокатних станах // Автоматизація виробничих процесів. – 2007. – №1(24). – С. 48–55.

5. Грабовський Г. Г., Ієвлев М. Г. Прогнозування деформації кліті в АСК ТП товстолистових прокатних станів // Автоматизація виробничих процесів. – 2003. – №2(17). – С. 58–62.

До уваги авторів!

З 1 квітня 2008 р. введено в дію національний стандарт України ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис, бібліографічний опис». Просимо в статтях, що надаються для публікації, перелік використаних джерел оформляти згідно з новими вимогами.