

Г. Г. Грабовский, Н. Г. Иевлев*

Киевский институт автоматики, Киев

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев

Автоматизированные системы защиты оборудования прокатных клетей от перегрузок и информационной поддержки процесса прокатки

Рассмотрены теоретические и практические аспекты создания и функционирования автоматизированных систем защиты оборудования прокатных клетей от перегрузок и информационной поддержки процесса прокатки.

Ключевые слова: прокатный стан, автоматизированная система, информационная поддержка, поломки оборудования, защита от перегрузок

Актуальность проблемы. Одним из основных путей повышения надёжности технических систем, широко используемых на практике, является увеличение уровня их безотказности. Это достигается за счёт применения более надёжных элементов и использования различного вида избыточности. Однако лежащие в основе такого подхода конструктивные, схемные и технологические возможности ограничены, особенно для сложных систем. Хорошие перспективы повышения как надёжности, так и общей эффективности использования сложных взаимосвязанных электромеханических комплексов, к которым относятся прокатные станы, открываются в направлении совершенствования их технического обслуживания в процессе эксплуатации [1].

Следует также отметить, что возникновение аварийных ситуаций и поломки оборудования возникают часто из-за ошибок оператора вследствие так называемого «человеческого фактора». На протяжении смены операторы клетей должны выдерживать высокий темп прокатки, учитывать большое количество технологических параметров, которые изменяются с большой частотой в зависимости от прокатываемого сортамента (по маркам стали, температурам), возмущающих воздействий (температуры раската, износа и температурного расширения валков, остановках стана на ремонт и профилактику, перевалку и т. д.) и многих других факторов. Поэтому разработка, изготовление и внедрение в прокатном производстве автоматизированных систем защиты оборудования прокатных клетей от перегрузок и информационной поддержки процесса прокатки (АСЗИ) позволят увеличить надёжность работы технологического оборудования и предотвратить аварийные ситуации, а также получить объективную информацию о ходе технологического процесса, отклонениях от заданных параметров, нестандартных ситуациях, что, в свою очередь, позволит улучшить управляемость процесса, технологическую дисциплину и в результате повысить качество и сортность проката.

Изложение основного материала. Функциональная структура системы (рисунок) является иерархической и содержит два уровня:

– нижний уровень, на котором реализуются функциональные задачи приёма и выдачи электрических сигналов связи с объектом (датчиками, системами электропривода и т. д.).

– верхний уровень, на котором реализуются функциональные задачи обработки информации, диалога с оперативным персоналом и обмена информацией с другими АСУ.

К нижнему уровню относятся такие функции:

– приём от датчиков и систем электропривода информации о текущих значениях параметров прокатки и состоянии механизмов участка клетей;

– слежение за перемещением заготовок по линии участка клетей;

– сопоставление перед началом каждого пропуска в черновой и чистовой клетях минимально допустимых значений раствора валков с реальными текущими значениями раствора и формирование защитных воздействий на механизмы стана, предотвращающих возникновение недопустимых перегрузок оборудования клетей, в том числе:

– автоматическое ограничение скорости сведения валков, задаваемой оператором с помощью командоконтроллера, на уровне, обеспечивающем остановку нажимного механизма при достижении минимально допустимого значения раствора валков;

– автоматическое отключение задания на скорость привода валков черновой (чистой) клетки, выдаваемого оператором с помощью командоконтроллера, при приближении заготовки к валкам, если текущее значение раствора валков меньше минимально допустимого значения.

К верхнему уровню относятся такие функции:

– приём от АСУ цеха сменного наряд-задания на прокатку, содержащего исходные данные и данные заказа партий заготовок, подлежащих прокатке в очередной смене;

– оперативная корректировка данных введённого наряд-задания по указаниям операторов постов управления;

– информационное сопровождение заготовок по линии участка клетей (формирование «информационных шлейфов» заготовок, содержащих исходные



Иерархическая функциональная структура системы

данные из наряд-задания, расчётные и фактические значения параметров прокатки в каждом пропуске и другие относящиеся к конкретной заготовке данные, необходимые для выполнения всех функций системы);

- расчёт для каждого пропуска в черновой и чистой клети минимально допустимых значений раствора валков, при которых усилие прокатки (для черновой клети – момент прокатки) достигает максимального значения, гарантирующего безаварийную работу оборудования клетей;

- интегрированная индикация на постах управления требуемой совокупности исходных данных, расчётных и текущих значений технологических параметров прокатываемых заготовок;

- приём и реализация указаний операторов постов управления об изменении режимов работы и коррекции отдельных настроечных параметров (уставок) системы;

- систематическая регистрация в электронном формате для каждой прокатываемой заготовки требуемой совокупности исходных данных, расчётных

и фактических значений технологических параметров в каждом пропуске прокатки в черновой и чистой клети;

- сигнализация на постах управления и регистрация в электронном формате событий несоблюдения минимально допустимых значений раствора валков;

- регистрация в электронном формате событий вмешательства операторов в работу системы;

- вывод на печать требуемых фрагментов зарегистрированных данных по запросам оперативного персонала;

- периодическая (за смену, за сутки) передача соответствующих фрагментов зарегистрированных данных в АСУ цеха.

Предусматриваются следующие режимы работы системы:

- ручной (незащищённый), в котором воздействия (команды), выдаваемые операторами с помощью органов ручного управления (командоконтроллеров), поступают непосредственно на входы систем электропривода;

- защищённый, в котором воздействия, выдаваемые операторами, поступают на входы систем электропривода через систему защиты, которая идентифицирует угрозу несоблюдения минимально допустимых значений раствора валков и блокирует упомянутые воздействия либо ограничивает их на безопасном уровне.

Режимы работы для черновой и чистой клети выбираются соответствующими операторами независимо друг от друга.

Расчёт минимально допустимых значений раствора валков в черновой и чистой клетях основан на определении максимально допустимых обжатий. Ограничениями по максимуму при выборе величин обжатий с точки зрения недопущения перегрузки оборудования является максимально допустимые усилия прокатки ($P_{доп}$) и момент прокатки ($M_{доп}$), которые определяются характеристиками оборудования. В процессе расчёта допустимых обжатий необходимо использовать математические модели усилия и момента прокатки и деформации клети.

При автоматизации толстолистовых станов, как правило, используются модели, в которые входят технологические переменные, поддающиеся измерениям и контролю в процессе прокатки, а также постоянные коэффициенты и функции адаптации. Для таких адаптивных моделей накапливаются экспериментальные данные на конкретном стане с достаточным объёмом выборки. И путём статистической обработки данных измерений определяются

коэффициенты и функции адаптации. В АСЗИ могут быть применены рекуррентные модели усилия прокатки, использующие фактические значения усилия прокатки и параметров очага деформации в реализованных пропусках и тем самым дающие возможность исключить из структуры модели трудноопределяемые параметры (сопротивление деформации, коэффициент трения), которые остаются неизменными в течение цикла прокатки или даже в течение прокатки партии заготовок [2].

Эти рекуррентные зависимости могут быть представлены в общем виде соотношением:

$$P_i = P_{i-1} \cdot f \left(G_i, G_{i-1} \right),$$

где P_i, P_{i-1} – прогнозируемое усилие в i -м пропуске и фактическое в $i-1$ -м; G_i, G_{i-1} – ожидаемые параметры очага деформации в i -м пропуске и фактические в $i-1$ -м.

Для чистовых клетей может быть использована рекуррентная модель усилия прокатки, включающая механизм уточнения прогноза по фактическим данным прокатки предыдущей заготовки, а также по данным осуществлённых пропусков текущего цикла прокатки [3].

Модель использует зависимость жёсткости металла q от толщины металла перед пропуском $h_{вх}$ в предыдущем цикле и фактические параметры текущего цикла прокатки одной и той же партии. При этом q определяется как отношение P к обжатию в пропуске Δh .

Вычисленные значения жёсткости определяют ломаную линию, аппроксимирующую зависимость $q = f(h_{вх})$. Прогнозирование усилия прокатки основано на предположении, что жёсткость металла в одинаковых пропусках различных циклов прокатки при одинаковых толщинах перед пропуском отличаются вследствие разницы наклона отдельных участков кривой $q = f(h_{вх})$, причём есть преобладающая связь между изменением наклона предыдущего и последующего участка. Таким образом, на основании сопоставления кривой q уже прокатанной (базовой) заготовки с участком кривой q прокатываемой заготовки, построенном по уже реализованным пропускам, производится прогноз в следующем пропуске, по которому и рассчитывается прогнозируемое усилие прокатки:

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

При $i = N$ или $h_{i-1} \geq h_{i-1}^b$,

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

При $i = 1$ или $h_{i-1} < h_{i-1}^b$,

$$q_{i+1} = \frac{q_i}{q_i^b} q_{i+1}^b = q_{i+1}^b K_i,$$

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

где $i, i+1$ – номер текущего (прогнозируемого) пропуски; b – индекс прокатанной (базовой) заготовки; q^b – жёсткость базовой заготовки, приведённая к соответствующей толщине прокатываемой заготовки; h – толщина; N – количество пропусков в цикле прокатки; $\Delta h_{i+1} = h_i - h_{i+1}$ – обжатие.

Прогнозирование усилия прокатки по этой модели основано на допущении о равенстве отношений жёсткости металла q в $i+1$ -м и i -м пропусках для базовых и прокатываемых заготовок, то есть

$$\frac{q_{i+1}^b}{q_{i+1}} = \frac{q_i^b}{q_i}.$$

Для определения момента прокатки M используется известная зависимость

$$M = 2mPL_d,$$

где m – коэффициент плеча приложения усилия прокатки; L_d – длина дуги захвата.

Определение P описано выше, а для расчёта коэффициента m используется рекуррентная зависимость, связывающая ожидаемые параметры очага деформации в прогнозируемом пропуске и фактические в предыдущем реализованном пропуске [2].

Рекуррентные зависимости позволяют ускорить вычисления за счёт использования фактических параметров в реализованных пропусках и достичь высокой точности прогноза. Для прогнозов усилия и моментов до начала прокатки могут использоваться известные эмпирические модели (нерекуррентные), которые будут давать наилучшие результаты в условиях конкретного стана.

Описанные выше модели апробированы при внедрении автоматизированных систем на ряде толстолистовых станов, в том числе ТЛС 3600 меткомбината «Азовсталь», ТЛС 3600 Бхилайского метзавода, ТЛС 2250 Алчевского меткомбината, и показали хорошие результаты по точности прогнозирования [2, 4, 5].

Допустимые обжатия по усилию ($\Delta h_{P_{доп}}$) и моменту прокатки ($\Delta h_{M_{доп}}$) вычисляются с использованием известных итерационных процедур, а затем для дальнейших расчётов выбирается минимальное из них:

$$\Delta h_{доп} = \min \left(\Delta h_{P_{доп}}, \Delta h_{M_{доп}} \right).$$

Минимально допустимые значения растворов валков рассчитываются по известной формуле Симса-Головина, одной из составляющих которой является деформация клетки (d), которая в свою очередь определяется выражением [6]

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

где x – коэффициент, являющийся функцией износа, температурной деформации валковой системы и других параметров, P – усилие прокатки, $m(B)$ – модуль клетки, являющийся функцией ширины прокатываемой заготовки.

Адаптация модели деформации клетки в процессе её функционирования в составе АСЗИ сводится к уточнению величины x по статистическим данным непосредственного замера толщины раската и усилия проката.

Расчёт минимально допустимых значений раствора валков должен производиться перед каждым пропуском в черновой и чистовой клетях.

Усилие прокатки определяется с помощью датчиков усилий прокатки, установленных в черновой и чистовой клетях.

Комплекс технических средств АСЗИ включает в себя средства вычислительной техники, ввода и отображения информации, измерения и контроля технологических параметров, а также источники бесперебойного питания средств вычислительной техники.

Возможны два варианта технической структуры реализации АСЗИ. Первый вариант предусматривает использование промышленного компьютера (ПК) с модулями устройства связи с объектом (УСО), который реализует задачи двух уровней функциональной структуры. Марка и тип ПК, номенклатура модулей УСО определяются на стадии технорабочего проектирования.

В состав средств вычислительной техники для второго варианта технической структуры входит ПК и программируемый контроллер для снятия сигналов с удалённых датчиков, а также выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы, удалённые от центрального процессора, подключённые к общей магистрали сети. На базе ПК выполнена рабочая станция, реализующая задачи верхнего уровня функциональной структуры. Марка, тип ПК и контроллера определяются на стадии технорабочего проектирования.

В качестве средств ввода и отображения информации могут использоваться стандартные клавиатура и мониторы промышленного исполнения, подключённые к рабочим станциям (ПЭВМ) операторов постов управления технологическим процессом.

К средствам измерения и контроля технологических параметров относятся датчики измерения положения металла и механизмов клетки, фотопирометры, датчики усилия прокатки и другие устройства, участвующие в технологическом процессе.

Для обеспечения бесперебойной и устойчивой работы всей системы АСЗИ, а также во избежание создания аварийной ситуации на стане применяются источники бесперебойного питания, обеспечивающие сохранение данных и корректное окончание работ системы даже при аварийном отключении питания.

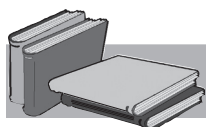
Экономическая эффективность достигается за счёт следующих факторов:

- предотвращения поломок опорных и рабочих валков клетей из-за их перегрузок;
- увеличение производительности стана за счёт сокращения времени его простоев из-за незапланированных перевалок валков при их поломке;
- увеличение срока службы электро- и механооборудования стана за счёт регламентации нагрузок оборудования и соблюдения энергосиловых ограничений;
- улучшение управляемости процесса и технологической дисциплины за счёт слежения за металлом и обеспечения операторов стана исходными данными из сменного задания, а также информацией о ходе технологического процесса.

Предотвращение поломок опорных и рабочих валков из-за недопустимых перегрузок оборудования достигается системой за счёт расчёта минимально допустимых значений раствора валков и воздействия на соответствующие механизмы с целью блокировки установки оператором недопустимых растворов валков.

Выводы

Изложенное выше подтверждает актуальность и эффективность внедрения в прокатном производстве автоматизированных систем защиты оборудования прокатных клетей от перегрузок и информационной поддержки процесса прокатки. Срок окупаемости системы составляет приблизительно полгода.



ЛИТЕРАТУРА

1. Назарова Е. С. К вопросу разработки систем диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки / Е. С. Назарова // Электротехника и электроэнергетика. – 2013. – № 1. – С. 36-41
2. Иевлев Н. Г. Математические модели и алгоритмы управления в АСУ ТП толстолистовых прокатных станов / Н. Г. Иевлев, Г. Г. Грабовский. – К.: Техніка, 2001. – 248 с.
3. Грабовский Г. Г. Прогнозирование усилия прокатки в АСУ ТП ТЛС / Г. Г. Грабовский, Н. Г. Иевлев // Автоматизация виробничих процесів. – 2002. – № 2 (15). – С. 124-131.
4. Грабовский Г. Г. Принципы построения и опыт внедрения АСУ толстолистовыми прокатными станами / Г. Г. Грабовский, Н. Г. Иевлев // Автоматизация виробничих процесів. – 2002. – № 1 (14). – С. 89-99.
5. Иевлев Н. Г. Стратегии автоматического управления режимами прокатки на толстолистовых прокатных станах / Н. Г. Иевлев // Автоматизация виробничих процесів. – 2007. – № 1 (24). – С. 48-55
6. Грабовский Г. Г., Иевлев Н. Г. Прогнозирование деформации клетки в АСУ ТП толстолистовых прокатных станов / Г. Г. Грабовский, Н. Г. Иевлев // Автоматизация виробничих процесів. – 2003. – № 2 (17). – С. 58-62

Анотація

Грабовський Г. Г., Ієвлєв М. Г.

Автоматизовані системи захисту устаткування прокатних клітей від перевантажень і інформаційної підтримки процесу прокатки

Розглянуто теоретичні і практичні аспекти створення і функціонування автоматизованих систем захисту устаткування прокатних клітей від перевантажень і інформаційної підтримки процесу прокатки.

Ключові слова

прокатний стан, автоматизована система, інформаційна підтримка, поломка обладнання, захист від перенавантаження

Summary

Grabowski G., Ievlev N.

Automated systems for protection of rolling stands equipment from overloads and rolling process information support

Theoretical and practical aspects of the establishment and operation of automated systems for protection of rolling stands equipment from overloads and for rolling process information support are considered.

Keywords

rolling mill, automated system, information support, equipment breakdown, overload protection

Поступила 28.05.2015

Телефон редакції журналів
«Металл и литьё Украины» и «Процессы литья»

(044) 424-04-10

Інформація о журналах на сайті:

www.ptima.kiev.ua