



Измерение скорости вращения механизмов на предприятиях металлургического комплекса

Вайнер А.И., Сиволов Ю.И., ОАО "Миттал Стал Кривой Рог",
Хижняк В.Я., КМФ НМетАУ, Бойченко Д.В., Волков В.В.,
Калашиник С.С., ООО "АТОМЭЛ", Кривой Рог

Большинство регулируемых приводов производственных механизмов, находящихся в эксплуатации на предприятиях горно-металлургического комплекса страны, оснащено унифицированными комплектами тиристорными преобразователями (КТЭУ). Ввод сигнала задания в КТЭУ на изменение скорости вращения приводного двигателя, как правило, выполняется оператором-техником с помощью обычного резистивного потенциометра. Очевидный недостаток - "потеря контакта", что очень часто приводит к аварии механизмов, например, бурению металла за счет уменьшения скорости вращения валков прокатных клетей или даже полной остановке валков.

В качестве сигналов обратной связи, несущих информацию о величине скорости вращения двигателя, в действующих КТЭУ служат сигналы тахогенераторов или сигнал ЭДС двигателя. При этом погрешность измерения скорости составляет 2,5..7%, что для современного производства нельзя считать даже удовлетворительным. Кроме того, для правильного ведения технологического процесса оператору требуется информация о скорости вращения двигателя, выдаваемая на специальные табло в цифровом виде.

До сих пор на некоторых объектах используются специализированные цифровые измерители скорости, основанные на обработке в логических устройствах сигналов импульсных датчиков угла поворота, например, типа ПДФ, установленных на валах приводных двигателей. Такие измерители, как правило, введены в эксплуатацию 12..15 лет тому назад, имеют низкую разрешающую способность и ограниченные функциональные возможности, а современных законченных решений - нет.

Казалось бы, какие могут быть проблемы с подсчетом импульсов. На отечественном рынке средств ав-

томатизации есть недорогие модули 32-х разрядных таймеров-счетчиков i-7080D и ADAM-4080D, содержащие к тому же цифровой индикатор. Вроде как нужно лишь просуммировать число импульсов, поступивших от датчика угловых перемещений за фиксированный программно устанавливаемый (0.1 с или 1 с) интервал времени. Но не так оказывается все просто. Необходимы и дополнительная обработка, и средства задания скорости и формирование аналоговых сигналов управления, и многое другое. Измеритель, отвечающий духу времени, должен обеспечивать выполнение таких функций, как:

- вычисление среднего значения скорости;
- задание оператором требуемого значения величины скорости вращения и передачу этой информации в аналоговом виде в систему управления приводом;
- установку исходных данных о механизме (количество импульсов от датчика на один оборот вала и рабочий диапазон скоростей);
- преобразование среднего значения скорости в аналоговый сигнал и передача его в систему управления приводом;
- выдача в цифровом виде информации о скорости на табло;
- связь со средствами управления верхнего уровня.

В решаемой задаче могут быть использованы три метода цифрового измерения скорости.

Первый - определение интервала времени между появлением двух соседних импульсов от датчика угловых перемещений. Величина скорости в этом случае $n = K / t$, где K - коэффициент, определяемый количеством импульсов от датчика на один оборот, и необходимостью выдачи оператору значения скорости с размерностью "обороты в минуту", а t - промежуток времени между приходом двух соседних импульсов.

Второй метод предполагает подсчет количества импульсов N , поступивших за фиксированный интервал времени $T_{изм}$, согласно выражению $n = K \cdot N$.

Третий метод заключается в определении интервала времени T , за которое контролируемый вал совершит заданное количество оборотов Z , т.е. $n = K \cdot Z / T$.

Дискретный сигнал, дискретный метод измерения и, естественно, возникают методические погрешности. Об этом следует помнить. Но есть еще и динамическая погрешность S , возникновение которой также обусловлено периодом дискретизации, т.е. запаздыванием в определении средней скорости между двумя соседними сигналами датчика при разгоне или торможении механизма. Оценить ее можно как $S = T_{и} \cdot a$, где $T_{и}$ - время, равное соответственно t , $T_{изм}$ или T соответственно для перечисленных методов измерения, a - максимальная величина ускорения (замедления) механизма в об/мин/с.

На приведенных графиках представлены зависимости величин динамических и методических погрешностей при измерении скорости для реверсивных "быстроходных" и "тихоходных" механизмов. "Быстроходные" - это механизмы типа различного вида ножниц, рольганги, линейки манипуляторов и др. "Тихоходные" - главные привода обжимных станов. Цифры 50,100,150,..., 10000 на графиках означают количество импульсов от датчика на один оборот вала.

Величины абсолютных Q_a и относительных Q_o методических погрешностей определялись из выражений:

$$Q_a = K / (t - t_T) - n_{изм i}$$

$$Q_o = (100 Q_a) / n_{изм i}$$

где t - расчетная длительность периода между поступлениями сигналов от датчика;

t_T - период поступления сигналов таймера (1 мкс);

$n_{изм i}$ - принятое за измеренное значение скорости в i -й точке.

Значение ускорения (замедления) механизма для выполненных расчетов принято равным 30 об/мин/с. Расчет скорости для зависимостей **A** и **B** выполнялся по первому методу, а для **C** - по второму. Причем время измерения скорости для зависимостей **C** было принято равным 5 мс.

Анализ зависимостей **A** позволяет рекомендовать к применению для измерения скорости датчик угловых перемещений с числом импульсов на один оборот порядка 5000, а для зависимостей **B** - порядка 100. Как следует из графиков **C**, выполнять измерения по второму методу для быстрходных механизмов из-за больших погрешностей просто нецелесообразно.

Интересным представляется вопрос измерения скорости для класса механизмов с длительным режимом работы на одной и той же постоянной скорости, например, прокатных станов. Особенность станов - это выполнение работы на заранее заданных установившихся скоростях. Изменение скорости выполняется при отсутствии прокатки. Пределы регулирования скорости для этих механизмов находятся в диапазоне 1:1,4, а требуемая погрешность регулирования не должна превышать 1%. Кроме того, из-за выработки подшипников (эксцентриситет) имеет место неравномерность скорости в пределах одного оборота. Вот почему для измерения скорости таких механизмов возникают специфические требования:

- погрешность измерения скорости - не более долей процента;
- измерение среднего значения скорости за несколько оборотов;
- время измерения скорости при ее динамической просадке - не более 0,01 сек.

Этим требованиям отвечает третий из рассмотренных методов. Так, если время измерения скорости составляет десятки доли секунды, например, время трех оборотов двигателя на наиболее часто встречающейся в практике скорости в 600..800 об/мин. равно 0.23..0.3с, то методической погрешностью практически можно пренебречь.

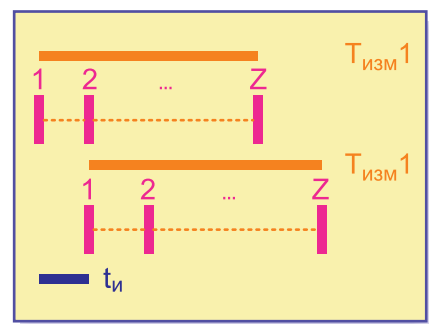
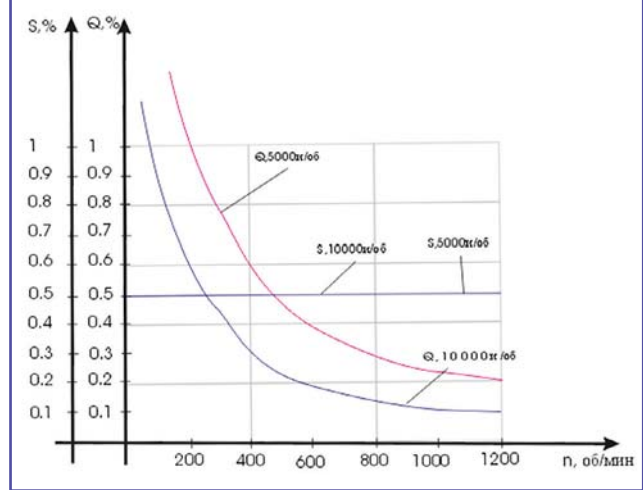
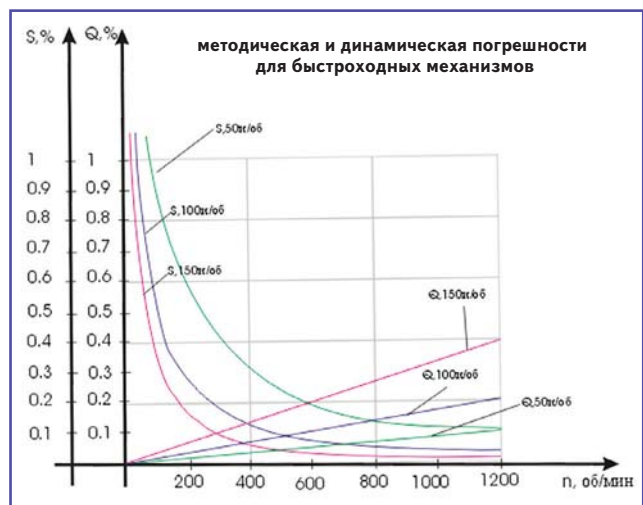
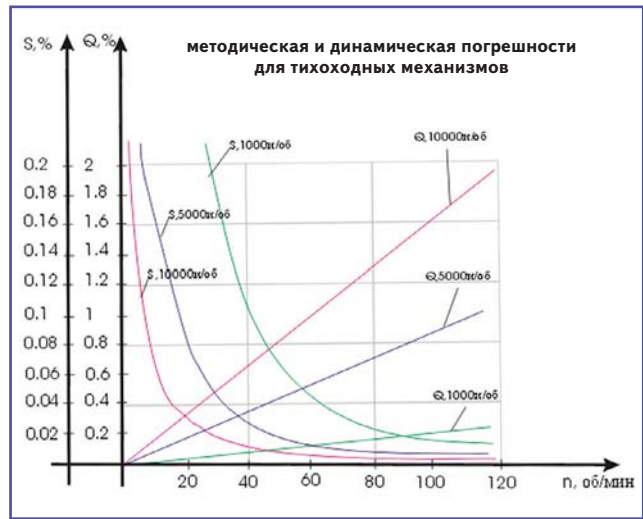
Абсолютная величина динамической погрешности **S** для рассматриваемого случая $S=30 \cdot 0.01=0,03$ об/мин/с (30 - это значение показателя ускорение-замедление механизма).

Для практической реализации таких требований предлагается метод "сдвигового регистра". Первое измерение скорости после включения устройства или включения в работу ме-

ханизма выполняется как изменение времени, за которое вал совершит **Z** оборотов. Второе измерение скорости выполняется так же как и первое, но со сдвигом в один импульс за время измерения $T_{изм2}$. Третье измерение выполняется так же как и первое, но со сдвигом относительно первого измерения на два импульса и т.д. Таким образом, через каждые **Z** импульсов имеем информацию о скорости за интервал времени $T_{изм1}$. Однако эта информация, текущее значение скорости, доступна не через **Z**, а через один импульс, равный длительности одного периода поступления импульсов от датчика.

Что это позволяет? Первое - точно измерять как среднее значение скорости, так и скорость в переходных режимах, обусловленных захватом-выбросом металла. И второе - значительно снизить требования к датчику. Так, если учесть заданное время измерения в 0,01 сек., то требуется датчик всего лишь с количеством импульсов на оборот равным 20 единиц (расчет сделан при условии измерения самой малой рабочей скорости в 300 об/мин).

Основу измерителя скорости, реализующего рассмотренный подход, составляют два модуля семейства ICP_CON, производства компании ICP_DAS, Тайвань. А именно - модуль PC-совместимого контроллера **i-7188XCD** (с индикатором) и модуль



МЕТАЛЛУРГИЯ



- пуск (останов) привода со стороны оператора;
- задание оператором требуемой скорости;
- контроль, обработка и архивирование сбоев системы.

В заключение следует отметить, что опытно промышленный образец датчика и измерителя скорости прошел успешные про-

двухканального цифро-аналогового преобразователя **i-7022**. Выбор серии **i-7000** был сделан не случайно. Большой ассортимент. Температурный диапазон -25..+75°C. И, наверное, немаловажный фактор, наличие доступного сервиса от официального представителя фирмы в Украине. А также доступные и бесплатные консультации и советы. На "родной Криворожстали" уже реализовано немало проектов, в основе которых - модули **i-7000**.

Ключевой компонент - контроллер **i-7188XCD**. С его помощью решаются все основные проблемы - счетчик, управление, индикация, и регулирование. Ну, а ЦАПы, - без них конечно нельзя было обойтись. Всего две ком-

поненты - и такая очень важная проблема решена! Малые габариты, удовлетворительная климатика, тактовая частота - 20 МГц, память программ - 256 КВ, память данных - 128 КВ, дискретный В/В - 3/3, COM-порт 1 - RS485 - связь с модулем **i-7022**, COM порт 2 - RS232 - на верхний уровень.

Верхний уровень - это хорошо и важно. Можно реализовать следующее:

- отображение текущих характеристик системы (заданной скорости, фактической скорости, средней скорости за определенный временной интервал);
- ведение статистики (запись усредненного значения скорости через определенный временной интервал в базу данных);

мышленные испытания в обжигово-известковом цехе комбината "Миттал Стил Кривой Рог" на приводе дозатора. Скорость измерялась, как и задумывалось, по третьей формуле. Погрешность регулирования скорости (исключена обратная связь по э.д.с. двигателя) с 7,14% уменьшилась до 2,43%! Результат говорит сам за себя.

7 **КОНТАКТЫ:**
 т. (0564) 261-529
 e-mail: ame@ukrtel.dp.ua