

Разработан алгоритм оптимального (по полным потерям энергии) управления электроприводом постоянного тока. Сравнение полученного оптимального процесса позиционирования с известным процессом показало значительное снижение энергопотерь (на 37 %). Это говорит о необходимости учета при оптимизации, кроме потерь в якоре, потерь в цепи возбуждения, в стали, а также механических.

Учет инерционности цепи возбуждения на эту оценку влияет незначительно (для рассматриваемого электропривода увеличение энергопотерь в пределах 0,5 %).

Приведем процедуру выбора весовых коэффициентов в критерии качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Ю.П. Оптимальное управление электроприводом с учетом ограничений по нагреву. — Л., 1977. — 143 с.
2. Панасюк В.И. Управление потоком электропривода, оптимальное по полным потерям. — Изв. вузов СССР, 1982, № 7, с. 34–38.
3. Хамитов Ш.Ш. К вопросу определения оптимальных диаграмм тока двигателя постоянного тока. — Докл. АН СССР, 1959, т. 124, № 2, с. 34–38.

УДК 62–83:621.047–83

Г.П.КОМЛИК, канд.техн.наук,
КАИН ХУСЕЙН (БПИ)

ШАГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ВЫТЯГИВАНИЯ СЛИТКА ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ

Разработка электропривода для механизма вытягивания слитка машины горизонтального непрерывного литья (МГНЛ) вызвана необходимостью совершенствовать существующие системы электроприводов с учетом особенностей технологического процесса.

Системы автоматизированного электропривода механизма вытягивания горизонтального слитка должны отличаться плавным изменением скорости слитка в широком диапазоне с определенным темпом разгона и торможения; поддержанием заданной скорости литья с точностью 0,5–1,0 % во всем диапазоне скоростей и нагрузок; обеспечением необходимых режимов работы МГНЛ (режимы "введение затравки", "вытягивание слитка" и ручной режим).

Особенностями работы электропривода в режиме "введение затравки" являются движение затравки с постоянной скоростью и необходимость реверсирования приводного двигателя. При "вытягивании слитка" происходит вытягивание затравки со слитком, отделение затравки и ее удаление и рабочий режим периодического вытягивания слитка, который может продолжаться длительное время. В ручном режиме производится опробование работы механизма вытягивания с электроприводом на холостом ходу.

В практике непрерывного литья все более широко используется режим вытягивания с повышенной частотой извлечения слитка и малым шагом. Такой режим способствует образованию мелкозернистой кристаллической

структуры слитка, повышению его механических свойств и улучшению качества поверхности, а также стабилизации процесса литья. Это связано с увеличением количества центров кристаллизации в зоне затвердевания расплава под действием повышенной частоты и уменьшением трения между образующейся корочкой металла и кристаллизатором [1].

Для механизма вытягивания, работающего в периодическом (старт-стопном) режиме и обеспечивающего дискретное перемещение слитка на малое расстояние с повышенной частотой, перспективным является силовой шаговый электропривод [2]. При этом управление двигателем осуществляется от преобразователя. Двигатель работает в циклическом режиме: пуск — торможение — пауза.

Современные быстродействующие шаговые двигатели (ШД) являются разновидностью синхронных электродвигателей с частотным регулированием скорости. Их обмотки возбуждаются прямоугольными импульсами напряжения с изменяющимися в широких пределах скважностью и частотой. В отличие от обычных синхронных двигателей ШД входят в синхронизм из состояния покоя без скольжения и тормозятся без выбега ротора. Этим обеспечиваются в рабочем диапазоне частот внезапный пуск, остановка и реверс без пропуска шагов (без потери информации).

Анализ [3, 4] основных характеристик и свойств ШД различных типов позволяет сделать вывод о целесообразности применения ШД индукторного типа в природе вытягивания МГНЛ. Такой выбор объясняется следующими особенностями индукторных ШД: большей по сравнению с другими типами ШД частотой приемистости; бесконтактностью; отсутствием вращающихся токообъемных устройств; простотой технологической конструкции двигателя; лучшими динамическими показателями при обработке управляющих сигналов и меньшими динамическими ошибками; малой чувствительностью к вибрациям.

При горизонтальном непрерывном литье широкие возможности открывает применение приводов вытягивания слитка с силовыми пятифазными ШД типа ЕСД. Максимальная частота управления этих двигателей равна 16 кГц, единичный шаг (угол поворота вала) — $0,36^\circ$.

Функциональная схема этого электропривода приведена на рис. 1. Блок питания (БП) состоит из стабилизированного источника питания цепей блоков возбуждения, индикации и управления, а также источника питания для возбуждения шагового двигателя (ШД). Ламповая индикация возбуждения фаз блока индикации (БИ) показывает возбуждение фаз шагового двигателя и включается-выключается по сигналам от блока возбуждения (БВ). По сигналам от формирователя периодического режима работы (ФПРР) включается индикация времени вытягивания τ_B и времени остановки τ_0 . Блок возбуждения (БВ) состоит из пяти промежуточных усилителей (ПУ) и усилителей мощности (УМ). Блок управления (БУ) состоит из формирователя периодического режима работы (ФПРР), устройства управления режимами (УУР), формирователя коэффициентов деления (ФКД), выходного делителя частоты (ВДЧ) и распределителя импульсов (РИ).

Основной функцией ФПРР является отсчет интервалов τ_B и τ_0 . ФПРР представляет собой инициальный дискретный автомат с одной или несколькими обратными связями, в которые включены управляемые устройства задержки.

УУР способствует созданию необходимых технологических режимов работы электропривода и координирует работу БУ в соответствии с сигналами, поступающими от ФПРР и ФКД. Формирователь коэффициентов деления обеспечивает последовательность коэффициентов, соответствующих требуемому типу и наклону характеристики разгона и торможения ШД и заданным начальной $f_{y,нач}$ и максимальной $f_{y,маx}$ частотам управления. Текущее значение частоты поступает с регулируемого ВДЧ на вход РИ. Значения $\tau_B, \tau_O, f_{y,нач}, f_{y,маx}$, типа и наклона характеристики разгона и торможения задаются соответствующими программными переключателями.

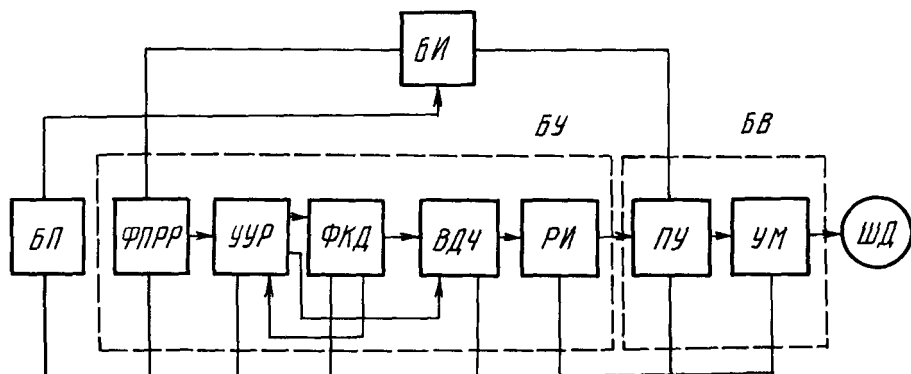


Рис. 1. Функциональная схема шагового электропривода.

Для стабильности процесса литья на МГНЛ и ограничения динамических нагрузок, разрушающих начальную корку отливки, целесообразно задавать симметричный график изменения скорости вытягивания отливки. Этим будет обеспечиваться как плавное нарастание, так и убывание скорости. Кроме того, специфика работы ШД в режимах пуска и торможения также требует регулирования управляющей частоты. Поэтому разработанная система управления позволяет корректировать закон изменения частоты управления f_y ШД, а следовательно, и закон изменения скорости вытягивания в зависимости от требуемых режимов вытягивания и других технологических условий.

Рассмотренная система реализует закон изменения частоты управления ШД, который аппроксимируется следующими функциями:

при разгоне

$$f_{y,ip} = f_{y,нач} [(i_p + B_p) / (1 + B_p)]^{C_p}$$

и при торможении

$$f_{y,it} = f_{y,маx} [(B_T - i_T) / (B_T - 1)]^{C_T}$$

где $f_{y,ip}, f_{y,it}$ — частота управления, соответствующая i -му импульсу при разгоне или торможении; i_p, i_T — номер импульса управляющей частоты при разгоне или торможении; B_p, B_T — коэффициенты, определяющие наклон характеристик разгона и торможения; C_p, C_T — коэффициенты, определяющие тип характеристик разгона и торможения.

Изменяя коэффициенты C_p, C_T , можно изменять степень и направление выпуклости функции $f_y[i]$ (рис. 2), а наклон характеристики при заданных C_p, C_T можно регулировать изменением коэффициентов B_p, B_T . Это позволяет управлять динамическими режимами электропривода по оптимальным траекториям, зависящим от нагрузки и момента инерции на валу ШД, шага и скорости вытягивания слитка, энергосиловых и теплофизических процессов в кристаллизаторе.

Применение шагового электропривода с описанной системой управления способствовало получению высокой точности параметров вытягивания,

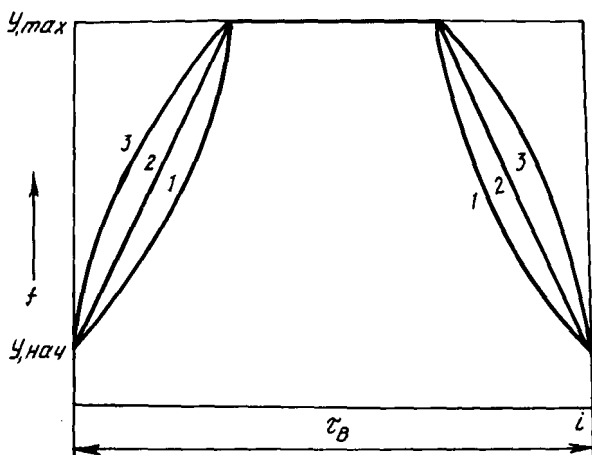


Рис. 2. График $f_y[i]$:
 1 $-C_p, C_T > 1$; 2 $-C_p, C_T = 1$; 3 $-C_p, C_T < 1$.

обеспечению равномерной мелкозернистой структуры заготовки и высокой стабильности процесса. Разработанный привод значительно расширяет диапазон параметров вытягивания (шаг вытягивания $S \geq 0,18$ мм; $\tau_B = \tau_0 = 0,01 - 99,99$ с; $f_y \leq 16$ кГц). Он обладает высокими технико-экономическими показателями и по своим эксплуатационным характеристикам не уступает лучшим мировым аналогам. Этот электропривод позволяет повысить производительность МГНЛ, улучшить качество и расширить сортамент отливаемых заготовок. Высокая точность и значительный диапазон изменения параметров вытягивания (особенно частоты вытягивания слитка) дали возможность рекомендовать его для широкого внедрения на МГНЛ цветных металлов, а также чугуна и стали. Наиболее рациональным является применение шагового электропривода при изготовлении отливок сложного профиля и тонкостенных, так как его динамические свойства и система управления обеспечивают малые дискретные перемещения слитка при высокой частоте вытягивания.

Электропривод внедрен и успешно работает на МГНЛ алюминиевых полуфабрикатов управления "Грузвторцветмет" и установке непрерывного литья композиционных материалов ПО "Киевтрактородеталь". Экономический эффект от его внедрения на одной машине составляет 15–20 тыс.руб. в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кац А.М., Соловьева Н.С., Крапивина Т.Г. Совершенствование непрерывного литья слитков в кристаллизаторы скольжения. – Цветные металлы, 1975, № 10, с. 61–63.
2. Комлик Г.П., Туттов В.И. Привод механизмов вытягивания слитка на установках горизонтального непрерывного литья. – Цветная металлургия, 1978, № 11, с. 51–53.
3. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями/Под общ. ред. М.Г.Чиликина. – М., 1971. – 624 с.
4. Луценко В.Е., Рубцов В.П. Электропривод и автоматизация промышленных установок. – М., 1976, т. 6. – 124 с.

УДК 62.83:621.9

Г.И.ГУЛЬКОВ, М.Ф.ЗУХЕЙРИ, Г.М.РЫЧКОВ,
Ю.Н.ПЕТРЕНКО, канд.техн.наук (БПИ)

ЧАСТОТНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ТОКАРНОГО СТАНКА

Механическая обработка деталей на токарных станках занимает значительное место в машиностроении. Одним из путей повышения эффективности металлообработки является оптимизация режимов резания. При токарной обработке торцевых поверхностей деталей режим точения с постоянной скоростью резания является оптимальным с точки зрения повышения производительности труда. Для стабилизации скорости резания необходимо по мере уменьшения диаметра детали увеличивать угловую скорость шпинделя. Выбор регулируемого частотного электропривода рассмотрим применительно к вертикальному токарному полуавтомату модели СМ780, который предназначен для обработки деталей типа "фланец".

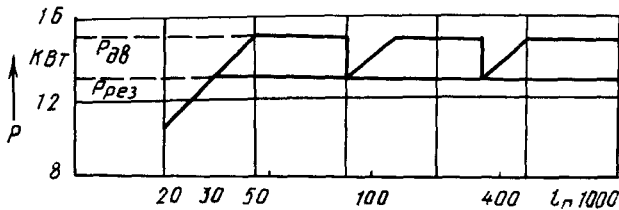


Рис. 1. Диаграмма регулирования привода.

В настоящее время регулирование скорости на станке осуществляется ступенчато в диапазоне $D = 32$. Причем переключение ступеней коробки скоростей в небольшом диапазоне ($D_1 = 5,56$) осуществляется автоматически. Привод главного движения токарных станков в верхней части диапазона требует регулирования скорости с постоянной мощностью резания ($D_p = 25,7$). В нижней части диапазона регулирование скорости осуществляется при постоянном моменте нагрузки ($D_m = 1,23$). Необходимая диаграмма регулирования привода шпинделя изображена на рис. 1.