

На правах рукописи

АСАДЖИЛЕ Ипьяна Хебел Мвантиндили

УДК 621.9.06-83

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Специальность 05.09.03 – Электротехнические
комплексы и системы, включая их управление
и регулирование

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук



00360423 (1)

Работа выполнена на кафедре
промышленных установок Одесского
Знамени политехнического института.

Научный руководитель

доктор технических наук,
профессор

ШАПАРОВ Н.К.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор

ЧЕРМАЛЫХ В.М.

кандидат технических наук,
доцент

ЛКОВЛЕВ А.В.

Ведущая организация – Украинский научно-исследовательский
институт станков и инструментов (г.Одесса).

Защита состоится 29 "ОКТОБРА" 1992 года в 15 часов в ауд.
II5у на заседании специализированного совета К-068.19.04 по при-
суждению ученых степеней кандидата технических наук Одесского
ордена Трудового Красного Знамени политехнического института.
270044, г.Одесса, пр.Шевченко, I, ОПИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

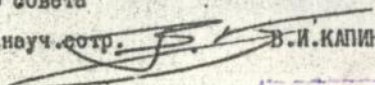
Отзыв, заверенный печатью, в одном экземпляре просим направ-
ить в адрес института.

Автореферат разослан 09 "ОКТОБРА" 1992г.

Ученый секретарь

специализированного совета

канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

 В.И. КАПИНОС

Актуальность работы. Повышение производительности металлорежущих станков, их точности, надежности и долговечности является важной задачей, решение которой может осуществляться при помощи современного автоматизированного электропривода, обеспечивающего стабилизацию силовых параметров станка.

Автоматизированный электропривод металлорежущих станков с технологическими обратными связями представляет сложные системы автоматического управления. Известны работы по созданию автоматизированных систем управления режимами металлообработки, выполненные научными коллективами под руководством В.Л. Анхимюка, Б.С. Балакшина, В.А. Елисеева, О.П. Ильина, В.Н. Михелькевича, И.Б. Рубашкина, А.А. Сиротина, Н.К. Шапарева, А.В. Якимова и др.

Однако при внедрении в промышленность автоматизированных электроприводов для стабилизации силовых параметров целесообразно дальнейшее развитие вопросов, связанных с обеспечением информации о процессе обработки и улучшением точностных и эксплуатационных показателей системы в целом.

В связи с этим создание автоматизированного электропривода для стабилизации технологических параметров и датчиков технологической информации фрезерных станков, позволяющих повысить производительность и снизить себестоимость обработки, является актуальной задачей.

Цель работы и задачи исследования. Целью диссертационной работы является повышение производительности и качества регулирования на фрезерных станках за счет создания автоматизированного электропривода, обеспечивающего стабилизацию технологических параметров станка.

Для достижения указанной цели в работе потребовалось решить следующие задачи:

1. Разработать датчик трехфазной активной мощности, обеспечивающий повышенную точность и быстродействие системы.
2. Определить область устойчивости работы системы стабилизации технологических параметров.
3. Исследовать работу автоматизированного электропривода при действии технологической обратной связи в процессе фрезерования для определения статической ошибки, перерегулирования и других показателей электропривода.
4. Разработать автоматизированный электропривод с регулирова-

нием технологических параметров при фрезеровании и различными корректирующими устройствами для применения как во вновь проектируемых, так и в модернизируемых фрезерных станках.

5. Провести анализ технологических требований, предъявляемых к приводам фрезерных станков для регулирования технологических параметров, учитывающий специфику обработки и позволяющий оценить эффективность применения систем регулирования.

Методы исследований включают анализ состояния проблемы по литературным источникам, аналитическую разработку математической модели объекта управления и алгоритмов управления электроприводами станков. При анализе процессов управления использованы методы теории автоматического управления, включающие метод D - разбиения в плоскости двух параметров и математического моделирования на цифровых вычислительных машинах. Экспериментальные исследования системы автоматизированного электропривода проведены на модернизированном фрезерном станке модели 6Б75В.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Получены аналитические выражения, позволяющие обосновать работу датчика трехфазной активной мощности повышенной точности и быстродействия. На основе этих выражений разработан датчик трехфазной активной мощности.

2. Предложена методика определения области устойчивости систем адаптивного управления фрезерного станка методом D - разбиения в плоскости двух параметров.

3. Построены и исследованы на ЭВМ математические модели автоматизированного электропривода, обеспечивающего стабилизацию технологических параметров при действии технологической обратной связи в процессе фрезерования.

4. Предложены алгоритмы управления автоматизированным электроприводом для поддержания постоянства мощности фрезерования, которые экспериментально исследованы на фрезерном станке.

5. Сопоставлены аналитически полученные результаты исследования системы стабилизации силового параметра с самонастраивающимся устройством упреждающей коррекции и с устройством коррекции по двум производным: мощности электродвигателя главного движения и скорости электродвигателя привода подачи.

Практическая ценность работы. Разработан датчик трехфазной активной мощности с применением интегральных элементов, который применен в системе стабилизации мощности резания в качестве дат-

чика технологической обратной связи. Применение этого датчика увеличивает точность регулирования и быстрдействие системы. Разработанная автоматизированная система управления электроприводом подчичи фрезерного станка обеспечивает повышение производительности станков на 10-15 %.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: Всесоюзном научно-техническом совещании "Проблемы управления промышленными электромеханическими системами", Ульяновск, сентябрь, 1989; на Республиканской научно-технической конференции "Совершенствование существующих и создание новых ресурсосберегающих технологий и оборудования в машиностроении, сварочном производстве и строительстве", Могилев, октябрь, 1991; на семинарах научного Совета АН Украины по комплексной проблеме "Научные основы электроэнергетики" - "Проблемы цифрового управления вентильными электроприводами и системами оптимизации технологических процессов", Одесса, ОПИ, 1988, 1989, 1990, 1991; на научно-технической конференции студентов и молодых исследователей по специальным наукам - "Электропривод и автоматизация промышленных установок", Одесса, ОПИ, 1989, 1991.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 6 научных работ, а также оформлена заявка на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и двух приложений. Содержит 122 страницы машинописного текста, 50 рисунков, 3 таблицы, список литературы из 116 наименований и 63 страницы приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и задачи исследований.

В первой главе проведен анализ существующих автоматизированных систем управления электроприводом металлорежущих станков, обеспечивающих управление режимами обработки. Установлено, что основными критериями эффективности работы станков являются максимальная производительность и минимальная себестоимость обработки. Показано, что разработаны и нашли применение в фрезерных станках автоматизированные системы управления режимами обработки, обеспе -

чивающие стабилизацию одного из силовых параметров - мощности, усилия или момента резания. Эти системы позволяют повысить производительность и снизить себестоимость обработки.

В СНГ и за рубежом проводятся работы по созданию систем автоматизированного электропривода для стабилизации технологических параметров фрезерного станка. Однако для совершенствования таких систем необходима дальнейшая проработка вопросов, связанных с повышением качества информации о процессе обработки и улучшением эксплуатационных и точностных показателей. Показано, что одной из основных тенденций развития фрезерных станков является использование в них адаптивных систем. Применение в таких станках регулируемых электроприводов подач и адаптивных устройств создает возможность построения автоматизированных электроприводов, обеспечивающих поддержание постоянства технологических параметров режимов обработки.

Показано, что эффективность использования в фрезерных станках систем стабилизации технологических параметров с применением современных электроприводов ограничивается из-за требований повышения точности регулирования и быстродействия датчиков, контролируемых в процессе обработки технические параметры, информация о которых необходима для расчета текущих значений критерия эффективности обработки (например, мощности резания) и управления на этой основе электроприводом станка.

В соответствии с приведенным анализом сформулированы требования для создания систем автоматизированного электропривода фрезерного станка.

Вторая глава посвящена исследованию фрезерного станка как объекта автоматического управления. Характерная особенность фрезерных станков - работа вращающимися многолезвийными режущими инструментами - фрезами. Фрезерование - процесс механической обработки, при котором режущий инструмент - фреза - совершает вращательное движение (со скоростью резания V), а обрабатываемая заготовка - поступательное (со скоростью подачи S).

Переменные величины, связанные с работой объекта управления и определяющие во многом требования к управляемому устройству, могут быть разделены в зависимости от их роли в процессе резания на входные (управляющие, возмущающие) и выходные. Анализируя основные переменные (мощность, усилие, момент, глубину, ширину резания), участвующие в технологическом процессе обработки деталей,

можно сказать, что этот процесс характеризуется взаимосвязанными переменными, влияющими как на ход производственного процесса, так и на его результаты. Станок представляет многомассовую систему, но эту многомассовую систему допустимо привести к двумассовой для упрощения расчетов и анализа системы.

Для получения достоверной передаточной функции процесса резания были сняты и обработаны осциллограммы изменения трехфазной активной мощности электродвигателя привода главного движения при врезании фрезы в металл и изменении условий обработки.

Передаточная функция процесса фрезерования аппроксимирована аperiodическим звеном первого порядка и экспериментально определены ее параметры. Показано, как технологические параметры влияют на передаточную функцию процесса резания.

Для определения математической модели объекта управления необходимо выполнить следующие операции:

1. Снять 10-15 осциллограммы изменения трехфазной активной мощности электродвигателя привода главного движения при различных величинах подачи при врезании инструмента в заготовку и различных условиях обработки.

2. Обработать результаты экспериментов и передаточную функцию объекта управления записать в виде аperiodического звена первого порядка.

3. Определить коэффициент передачи проц. резания как отношение трехфазной активной мощности электродвигателя привода главного движения в установившемся режиме к величине подачи для этого режима резания

$$K_p = P_p / s. \quad (1)$$

4. Определить постоянную времени процесса резания из графиков переходных процессов мощности резания при врезании фрезы в заготовку при мощности, равной 63 % от мощности установившегося режима.

5. Построить расчетную переходную характеристику мощности резания при постоянной времени процесса резания.

6. Представить передаточную функцию процесса резания в виде

$$H_p(p) = P_p(p) / S(p) = K_p / (T_p p + 1). \quad (2)$$

Последняя сравнивается с результатами расчета с применением нормативных данных процессов обработки из справочников и получено, что они отличаются от расчетных данных на 5-10%. Поэтому рекомендуется при расчете применять передаточную функцию процесса резания аperiodического звена первого порядка и нормативные данные из справочников по обработке металлов резанием, так как экспериментальные данные близки к ним.

Третья глава посвящена анализу устойчивости работы адаптивной системы методом D - разбиения в плоскости двух параметров. При фрезеровании в значительных пределах изменяются два параметра: коэффициент передачи процесса резания и постоянная времени процесса резания.

Известны работы, в которых исследования устойчивости адаптивной системы металлообработки выполнены методом D - разбиения в плоскости одного параметра - коэффициента усиления разомкнутой системы. Для большей наглядности, большего обобщения и учета влияния вариации параметров металлообработки исследование устойчивости системы стабилизации мощности резания предложено выполнить методом D - разбиения в плоскости двух параметров: коэффициента усиления и постоянной времени объекта управления.

Структурная схема системы стабилизации силового параметра показана на рис. I и из этой схемы получено характеристическое уравнение замкнутого контура мощности резания без корректирующего устройства, которое имеет вид

$$D_1(p) = \{ [K_2 p (T_{11} p + 1) / (T_M T_A p^2 + T_{11} p + 1) + K_4 (K_1 p + 1)] / (T_1 p^2 + T_2 p + 1) K_7 + \\ + K_8 T_k p^2 (T_2 p + 1) (T_3 p + 1) (T_{11} p + 1) \} / (T_{pp} p + 1) (T_{gn} p + 1) + \\ + K_9 K_p (T_k p + 1) (T_2 p + 1) = A + K_9 K_p (T_k p + 1) (T_2 p + 1) = 0, \quad (3)$$

где $K_9 = K_{p1} K_{п1} K_1 K_{p2} K_{п2} C K_{gn}$; K_{p1} - коэффициент передачи регулятора мощности.

Для определения методом D - разбиения влияния на устойчивость двух изменяющихся параметров, принимаем $v = T_p$ и $\mu = K_p$. Тогда характеристическое уравнение (3) приводим к виду

$$D(p) = v X(p) + \mu Y(p) + Z(p) = 0. \quad (4)$$

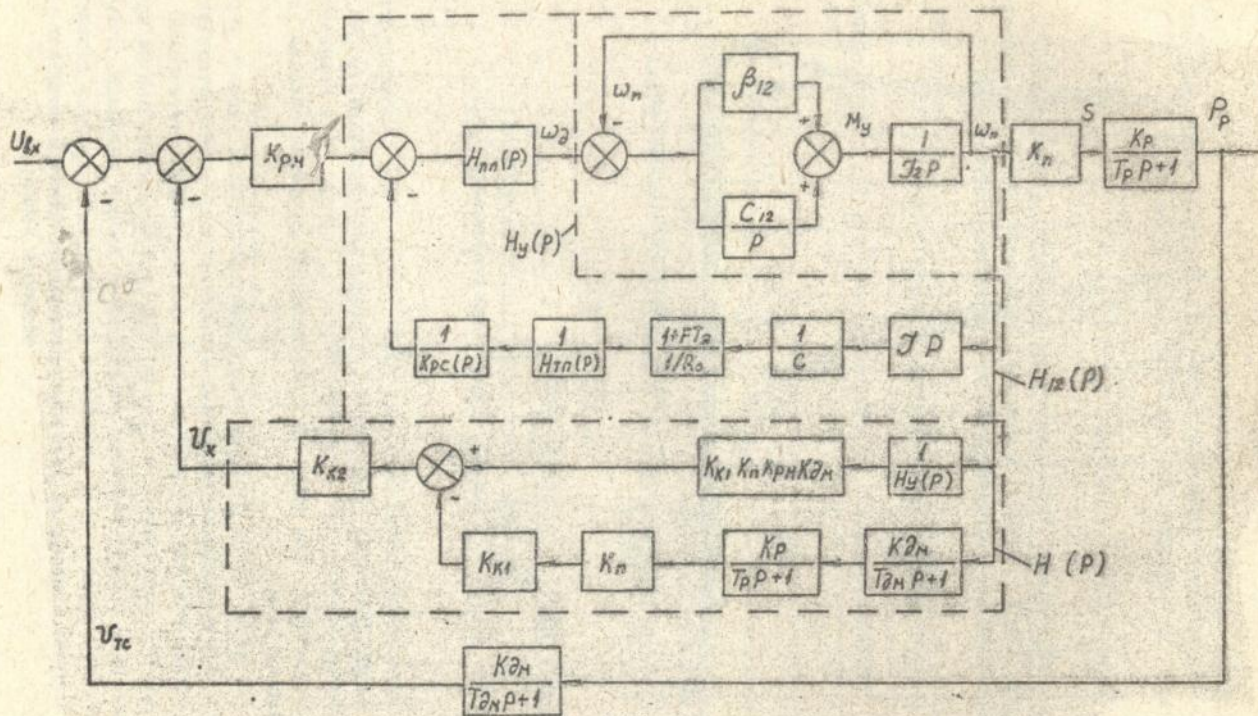


Рис. I. Структурная схема электропривода подачи для стабилизации мощности резания при фрезеровании

где $X(p)$, $Y(p)$, $Z(p)$ - полиномы.

Подставляя в уравнение (4) $p = j\omega$, получаем выражение для границы D - разбиения в плоскости двух параметров

$$D(j\omega) = \nu X(j\omega) + \mu Y(j\omega) + Z(j\omega) = 0. \quad (5)$$

Введем обозначения $X(j\omega) = X_1(\omega) + jX_2(\omega)$; $Y(j\omega) = Y_1(\omega) + jY_2(\omega)$; $Z(j\omega) = Z_1(\omega) + jZ_2(\omega)$ и разобьем выражение (5) на два уравнения, приняв отдельно вещественную и мнимую части равными нулю.

$$\overline{T}_p X_1(\omega) + K_p Y_1(\omega) + Z_1(\omega) = 0; \quad \overline{T}_p X_2(\omega) + K_p Y_2(\omega) + Z_2(\omega) = 0. \quad (6)$$

Решением уравнений (6) относительно \overline{T}_p и K_p будут выраже-
ния

$$\overline{T}_p = \Delta_1 / \Delta; \quad K_p = \Delta_2 / \Delta, \quad (7)$$

где

$$\begin{vmatrix} X_1(\omega) & Y_1(\omega) \\ X_2(\omega) & Y_2(\omega) \end{vmatrix} \quad - \text{главный определитель системы;}$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -Z_1(\omega) & Y_1(\omega) \\ -Z_2(\omega) & Y_2(\omega) \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} X_1(\omega) & -Z_2(\omega) \\ X_2(\omega) & -Z_1(\omega) \end{vmatrix} \quad - \text{частные определители системы.}$$

Задавая различные значения ω от $-\infty$ до $+\infty$, для каждого ω по параметрическим уравнениям (7) определяем величину \overline{T}_p и K_p и строим границу D - разбиения (рис. 2, кривая I) в плоскости этих параметров. Как видно без специальной коррекции область устойчивости мала.

Для того, чтобы система стала более устойчивой, введем упреждающее корректирующее устройство с самонастраивающейся статической моделью объекта управления. Блок самонастройки статической модели прост в реализации, в принцип его построения основан на применении цепи с инвертирующим усилителем и звеном задержки. Этим достигается эффект учета изменения коэффициента передачи объекта.

Характеристическое уравнение замкнутого контура мощности ра-

зания с корректирующим устройством будет

$$D_2(p) = A + K_4 K_7 (T_k p + 1) (T_{2p} + 1) K_{p1} K_{ii} (T_{p1} + 1) (T_{2p1} + 1) - (K_{i0} K_{i2}) K_{q1} T = 0. \quad (8)$$

К сожалению, при использовании самонастройки метод D -разбиения оказывается непригодным, так как уравнения (8) является нелинейным. Если используется устройство упреждающей коррекции без самонастройки, то характеристическое уравнение замкнутого контура мощности резания принимает вид

$$D_3(p) = A + K_4 K_7 (T_k p + 1) (T_{2p} + 1) [K_{ii} K_{rii} (T_{p1} + 1) (T_{2p1} + 1) - K_p (K_{i0}' K_{i2}) K_{q1}] = 0. \quad (9)$$

Кривая D -разбиения системы с учетом устройства упреждающей коррекции построена (рис. 2, кривая 2) в плоскости двух параметров и позволяет получить более полную информацию об области устойчивости работы системы.

Составлены алгоритмы расчета и программы расчета кривых D -разбиения на ЭВМ СМ-4. Программа позволяет при необходимости оперативно ввести новые данные системы регулирования, а также произвести расчет для другой системы стабилизации технологических параметров.

При исследовании использовано устройство упреждающей коррекции с различными коэффициентами настройки, имитирующими самонастройку системы в рассматриваемой зоне (рис. 2, кривая 2 и 3). Исследования показывают, что система стабилизации технологического параметра с самонастраивающимся устройством упреждающей коррекции устойчива.

Четвертая глава посвящена синтезу и анализу систем адаптивного управления металлообработкой с улучшенными показателями. Одной из важных задач, решаемых при разработке автоматизированных электроприводов для стабилизации технологических параметров процесса металлообработки, является обеспечение устойчивости систем управления при изменении коэффициента передачи процесса обработки, происходящем вследствие изменения припуска или твердости деталей, состояния режущего инструмента и других факторов.

При решении задачи повышения производительности станков за счет применения АСУ III необходима информация об интенсивности этих процессов. Такой информации может нести сигнал, пропорциональный активной мощности электропривода главного движения. Разработан

датчик трехфазной активной мощности (ДТАМ) с использованием интегральных элементов базирующийся на известной схеме Арона, где для синусоидальных напряжений и токов мгновенная мощность трехфазной цепи может быть представлена следующим образом

$$P = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C - (U_A I_A \cos(2\omega t + \varphi_A) + U_B I_B \cos[2(\omega t + \frac{2\pi}{3}) + \varphi_B] + U_C I_C \cos[2(\omega t + \frac{4\pi}{3}) + \varphi_C]) = P_a - P_r, \quad (10)$$

где U_A, U_B, U_C - действующие значения напряжений фаз А, В и С;

I_A, I_B, I_C - действующие значения токов фаз А, В и С;

$\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ - углы сдвига между напряжением и током фаз А, В и С соответственно;

ω - угловая частота сети;

t - время.

Из соотношения (10) видно, что мгновенная мощность состоит из двух слагаемых: постоянной P_a и переменной (гармонической)

P_r , изменяющейся по гармоническому закону с удвоенной частотой сети. В момент равенства гармонической составляющей P_r нулю, значение мгновенной мощности P равно активной составляющей P_a в контролируемой цепи. Таким образом, величину активной мощности можно определить, измеряя величину мгновенной мощности в моменты равенства нулю ее гармонической составляющей. Этот принцип измерения трехфазной активной мощности осуществлен в ДТАМ, функциональная схема которого представлена на рис.3, где ТУ1, ТУ2 и ТА1, ТА2 - трансформаторы напряжений и токов соответственно; U_1, U_2 - переключатели; С - сумматор; Ф1 - фильтр высоких частот; Р1 - фазовое звено; ZO - нуль-орган; ВСК - блок выборки-хранения. Применение этого датчика создаст положительный эффект: повышение точности за счет измерения трехфазной, и не однофазной мощности; уменьшение влияния асимметрии напряжения и нагрузки трехфазных установок на точность измерений и повышение быстродействия за счет измерения и фиксации активной мощности дважды за период.

На рис.4 показана функциональная схема системы автоматизированного электропривода подачи станка для стабилизации мощности резания при фрезеровании. Электропривод подачи выполнен на базе управляемого тиристорного выпрямителя и имеет двухконтурную систему подчиненного регулирования с пропорционально-интегральными регуляторами тока и скорости.

Для увеличения запаса устойчивости системы управления в уст-

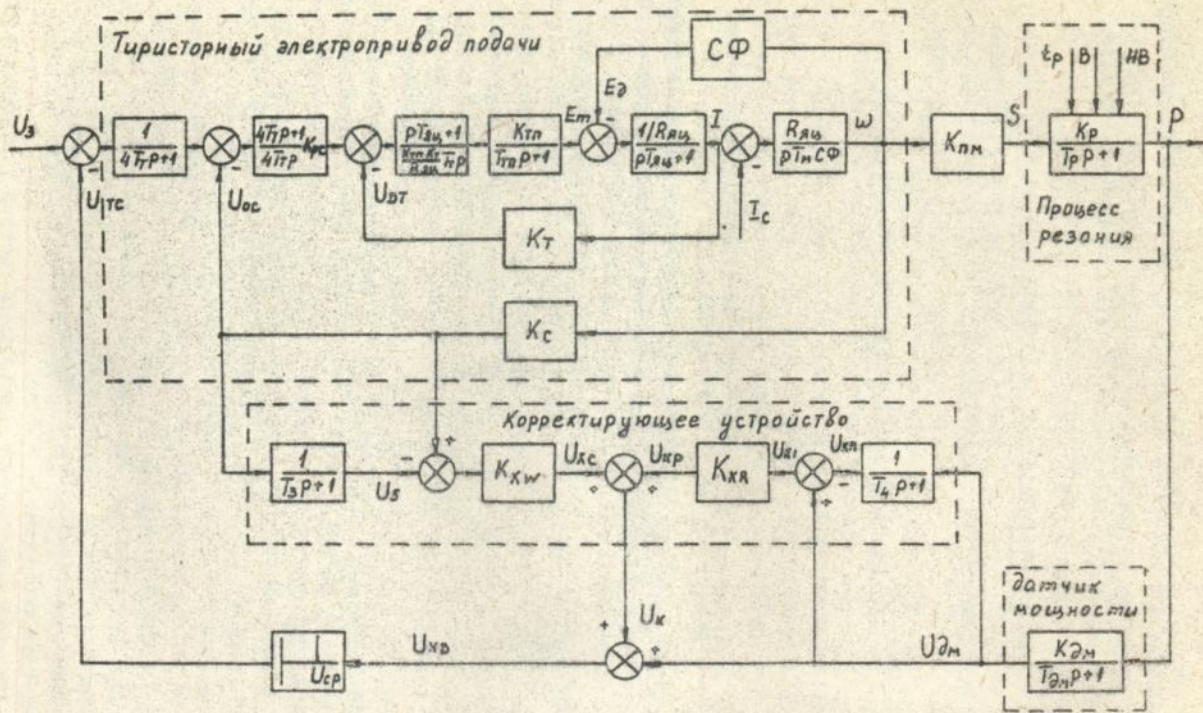


Рис. 4. Структурная схема автоматизированного электропривода подачи фрезерного станка с ТОС

ройте коррекции использованы обратные связи по двум производным: мощности электродвигателя главного движения и скорости электродвигателя подачи, для чего применены реальные дифференцирующие звенья. На ЭВМ СМ-4 исследованы динамические характеристики систем автоматизированного электропривода для стабилизации мощности резания и определены величины коэффициентов усиления и постоянных времени отдельных звеньев регулятора, обеспечивающие требуемое качество переходных процессов при врезании инструмента в обрабатываемую деталь.

В пятой главе приведены результаты экспериментального исследования систем автоматизированного электропривода для стабилизации мощности резания с датчиком трехфазной активной мощности.

Экспериментальные исследования систем автоматизированного электропривода для стабилизации мощности резания проведены на модернизированном вертикально-фрезерном станке модели ББ75В при фрезеровании деталей из серого чугуна.

Приводится краткое описание принципиальной схемы систем автоматизированного электропривода для стабилизации технологических параметров с корректирующим устройством по двум производным: мощности электродвигателя главного движения и скорости электродвигателя подачи.

Обработка проводилась в наиболее неблагоприятных для адаптивной системы условиях при скачкообразных изменениях припусков ϵ_p ($\epsilon_p = 3 \dots 6$ мм) обрабатываемых деталей.

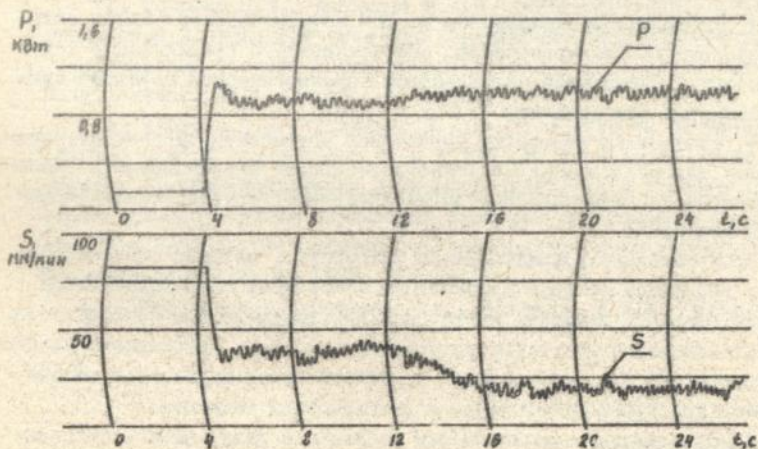


Рис.5. Экспериментальные осциллограммы работы системы СМР

На осциллограмме (рис.5) работы системы автоматизированного электропривода подечи станка в режиме стабилизации мощности резания при фрезеровании представлены сигналы скорости подачи S и мощности резания P_p привода шпинделя. Перерегулирование мощности резания привода шпинделя при врезании фрезы в заготовку не превышает 20 %, а статическая ошибка при переходе от $t_p = 3$ мм к $t_p = 6$ мм заготовки составляет не более 3-5 % от заданного значения мощности электродвигателя шпинделя. Колебания скорости привода подачи находятся при этом в допустимых пределах.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Получены аналитические выражения, позволяющие обосновать работу датчика трехфазной активной мощности. На основе полученных выражений построен датчик трехфазной активной мощности, принцип работы которого базируется на использовании схемы двух ваттметров, и блока запоминания, который позволяет уменьшить влияние асимметрии напряжения и нагрузки трехфазных установок на точность измерений и повысить быстродействие за счет измерения и фиксации активной мощности дважды за период.

2. Предложена методика определений области устойчивости систем адаптивного управления фрезерного станка методом D - разнесения в плоскости двух параметров.

3. Построены и исследованы на ЭВМ математические модели автоматизированного электропривода, обеспечивающего стабилизацию технологических параметров при действии технологической обратной связи в процессе фрезерования.

4. Предложены алгоритмы управления автоматизированным электроприводом для поддержания постоянства мощности фрезерования и экспериментально исследованы на модернизированном вертикально-фрезерном станке мод.6Б75В.

5. Предложено корректирующее устройство, которое построено на основе коррекции по двум производным: мощности электродвигателя привода главного движения и скорости электродвигателя привода подачи. При использовании этого устройства в системе автоматизированного электропривода для стабилизации технологических параметров обеспечиваются требуемые статическая и динамическая точности.

6. Сопоставлены аналитически полученные результаты исследования

ния системы стабилизации силового параметра с самонастраивающимся устройством упреждающей коррекции и системы с коррекцией по двум производным: мощности электродвигателя привода главного движения и скорости электродвигателя привода подачи, которые показали близкие результаты. Применение устройства коррекции по двум производным устраняет автоколебания и ограничивает динамические выбросы мощности до 20 % при ступенчатом изменении глубины фрезерования, а система с упреждающей коррекцией - до 25 %.

7. Проведен анализ технологических требований, предъявляемых к электроприводам фрезерных станков для регулирования технологических параметров, учитывающий специфику фрезерования и позволяющий оценить эффективность применения автоматизированного электропривода. Выполнен анализ и приведены электрические характеристики современных приводов главного движения и подачи, а также современных датчиков активной мощности.

Рекомендуется применять разработанный датчик трехфазной активной мощности в системах стабилизации мощности резания для повышения производительности металлорежущих станков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В ПУБЛИКАЦИЯХ

1. Асаджиле И.Х.М. Тенденция развития адаптивных систем металлорежущих станков /Одес.политехн.ин-т.-Одесса, 1989.-II с. Библиогр. 4 назв.-Деп. в УкрНИИТИ I.II.1989., № 2642-Ук89 Деп.

2. Шапарев Н.К., Асаджиле И.Х.М. Динамические процессы в электроприводе постоянного тока для управления металлообработкой // - Электромашиностроение и электрооборудование:Респ.научн.техн.сб. - Киев:Техника, 1991.вып.45. - С.18-22.

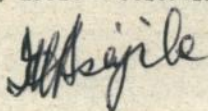
3. Шапарев Н.К., Асаджиле И.Х.М. Исследование устойчивости электроприводе постоянного тока с ТОС для управления металлообработкой //Совершенствование электрооборудования и средств автоматизации технологических параметров промышленных установок. Тезисы докладов 2-ой Дальневосточной научно-практической конференции - Комсомольск-на-Амуре. 1989, - С.43.

4. Шапарев Н.К., Водичев В.А., Асаджиле И.Х.М. Устройства уп-

равления электроприводом подачи металлорежущих станков с технологической обратной связью // Тезисы докладов к Всесоюзному научно-техническому совещанию. - Ульяновск. - Я.1989. - С.181.

5. Шапарев Н.К., Жимаринская Т.И., Асоджиде И.Х.М. Применение асинхронного электродвигателя и его модели в качестве датчика нагрузки технологического процесса // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции.-М.1989. - С.160-161.

6. Шапарев Н.К., Асоджиде И.Х.М., Андриевский А.Г. Измерительный преобразователь трехфазной активной мощности для цепи синусоидального тока // Совершенствование существующих и создание новых ресурсосберегающих технологий и оборудования в машиностроении, сварочном производстве и строительстве. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции.- Могилев. 1991. Вторая часть. 23-24 октября, 1991. - С.109-110.



ОПН РМ. ЗЭК. 447-100 6.10.92

285073

AB 25.778

34