

На правах рукописи

АЛХАДЖИ Ахмад

УДК.621.9.06-83

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОДАЧИ  
СТАНКА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ МОМЕНТА РЕЗАНИЯ

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

21.3-1



00343880 (Q)

Работа выполнена на кафедре  
промышленных установок" Одесского

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор

ШАПАРЕВ Н.К.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,  
профессор

ЗЕЛЕНОВ А.Б.

кандидат технических наук,  
доцент

БУШТЯН Л.В.

Ведущая организация - Украинский научно-исследовательский  
институт станков и инструментов (УкрНИИСИП).

Защита состоится "24" Июня 1993 года в 14 часов в  
ауд. II5у на заседании специализированного совета К-068.19.04 по  
присуждению ученых степеней кандидата технических наук Одесского  
политехнического университета.

270044, г.Одесса, пр.Шевченко, I, ОПУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОПУ.

Отзыв, заверенный печатью, в одном экземпляре просим направ-  
вить в адрес ОПУ.

Автореферат разослан "24" Мая 1993 года.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
канд.техн.наук, ст.науч.сотр.

В.И.КАПИНОС

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одним из эффективных путей повышения производительности и точности обработки на металлорежущих станках является создание адаптивного электропривода подачи для стабилизации технологических параметров. Работа по созданию систем адаптивного электропривода для управления режимами металлообработки приобретает особую важность, что отражено в работах научных коллективов под руководством Б.С. Балакшина, В.А. Елисеева, В.Н. Михелькевича, А.А. Сиротина, Н.К. Шапарева, А.В. Якимова и др.

Построение адаптивных электроприводов для управления технологическим процессом фрезерования требует информации об интенсивности технологических процессов, выполняемой датчиками технологической обратной связи. В этих системах за счет изменения припуска в значительных пределах изменяется коэффициент передачи процесса фрезерования, причем система должна с минимальной погрешностью поддерживать силовой параметр, например крутящий момент на фрезе, и ограничивать в переходных процессах динамические выбросы момента.

Однако, для улучшения качества регулирования и уменьшения влияния асимметрии напряжения и нагрузки трехфазных установок на точность измерений, необходимо разработать систему стабилизации силового параметра, соответствующую заданным требованиям.

В связи с изложенным, создание и исследование усовершенствованного адаптивного электропривода для стабилизации момента резания обеспечивающего повышение производительности и качества обработки на фрезерном станке является актуальной задачей.

Цель работы и задачи исследования. Целью работы является усовершенствование адаптивного электропривода для стабилизации момента резания при фрезеровании, позволяющего упростить его реализацию, повысить производительность и снизить себестоимость обработки, а также улучшить качества регулирования.

Для достижения указанной цели в работе решены следующие задачи:

- разработан и исследован датчик статического момента асинхронного электродвигателя, позволяющий упростить его конструктивную реализацию и повысить точность измерений за счет инвариантности к несимметрии напряжения трехфазной сети и несимметрии обмоток статора асинхронного электродвигателя;

- построены четыре модификации датчика момента, отличающиеся различными способами определения напряжения, пропорционального приращению скорости двигателя привода главного движения;

- идентифицированы характеристики объекта управления - процесса фрезерования с требуемой степенью точности;

- проведен на ЭВМ множественный анализ показателей качества регулирования систем стабилизации момента резания (СМР) с различными типами комплектных электроприводов и разными вариантами корректирующих устройств при использовании разработанного датчика статического момента;

- предложены и экспериментально исследованы варианты построения адаптивного электропривода для стабилизации момента резания на модернизированном вертикально-фрезерном станке мод.6Б75В42;

- приведен анализ датчиков момента и активной мощности в системах адаптивного управления станками и определены основные требования, предъявляемые к ним.

Методы исследования. Для решения указанных задач использованы: аналитические методы теории автоматического управления; динамическая идентификация методом Калмана; методы математического моделирования, включая решение дифференциальных уравнений на ЭВМ методом Эйлера. Экспериментальные исследования проведены на лабораторной установке и на модернизированном фрезерном станке мод.6Б75В42.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- на основании полученных аналитических выражений, позволяющих обосновать работу датчика статического момента асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, построены четыре модификации датчика момента, удовлетворяющие различным требованиям к динамическим показателям системы регулирования, и характеризующиеся различной сложностью при реализации;

- предложен датчик момента асинхронного электродвигателя, позволяющий упростить его конструктивную реализацию и обладающий высокой точностью за счет инвариантности к несимметрии напряжения трехфазной сети и несимметрии обмоток статора асинхронного электродвигателя;

- для системы СМР предложено корректирующее устройство с использованием реального дифференцирующего звена, подключенного на напряжение, пропорциональное приращению угловой скорости электродвигателя привода главного движения;

- на основании экспериментальных исследований, проведенных на модернизированном станке мод.6Б75В42, с использованием динамической идентификации по методу Калмана, предложена методика получения передаточной функции объекта управления - процесса фрезерования.

Практическая ценность работы. Разработан датчик статического

момента асинхронного электродвигателя, который позволяет упростить конструктивную реализацию. Применение этого датчика в качестве датчика технологической обратной связи увеличивает точность регулирования системы за счет инвариантности к несимметрии напряжения трехфазной сети и несимметрии обмоток статора асинхронного электродвигателя. Исследованный адаптивный электропривод подачи для стабилизации момента резания при фрезеровании обеспечивает повышение производительности станка на 10...12 %.

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с координационным планом научно-исследовательских работ по комплексной проблеме "Научные основы электроэнергетики" на 1991-1995г. Академии наук Украины по разделу I.9.2.5.2.5.6. "Оптимизация ЭМС технологических процессов металлообработки".

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на девятой научно-технической конференции "Электроприводы переменного тока с полупроводниковыми преобразователями" (г.Екатеринбург, 1992г.), на Международной конференции AM SE (г.Александрия, Египет, 1992), на семинарах научного совета АН Украины по комплексной проблеме "Научные основы энергетики" - "Проблемы цифрового управления вентильными электроприводами и системами оптимизации технологических процессов" (г.Одесса, ОПУ, 1991г., 1992г., 1993г.), на Всеукраинском научно-техническом совещании "Электрооборудование для станкостроения и машиностроения" (г.Одесса, УкрНИИСИП, 1993г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 5 научных работ, в том числе 1 авторское свидетельство на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и пяти приложений. Содержит 130 страниц машинописного текста, 77 рисунков, 9 таблиц, список литературы из 112 наименований и 15 страниц приложений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе проведен анализ датчиков момента и активной мощности в системах адаптивного управления станками. На основе проведенной автором классификации датчиков момента и активной мощности показано многообразие схемных решений и принципов их построения. Установлено, что основными требованиями, предъявляемыми к созданию дат-

чиков нагрузки, используемых для формирования сигнала обратной связи в системах адаптивного управления режимами обработки являются высокое быстродействие, высокая точность и чувствительность, инвариантность к воздействию внешних факторов, надежность и низкая стоимость.

Выполнен анализ и приведены технические характеристики создания регулируемых электроприводов главного движения и подачи и дано обоснование их выбора для фрезерных станков.

Рассмотрены также вопросы создания адаптивных систем управления фрезерными станками. Установлено, что находят применение в фрезерных станках системы адаптивного управления, обеспечивающие стабилизацию одного или нескольких силовых параметров (мощности, силы или момента резания). Результаты обработки во многом определяются показателями электроприводов, регуляторов силовых параметров и совершенством измерительных датчиков.

На основе проведенного анализа сформированы задачи исследований для построения адаптивного электропривода фрезерного станка при стабилизации момента резания.

Вторая глава посвящена информационному обеспечению системы адаптивного управления. Сформулированы требования к датчикам технологической обратной связи, являющимися основными элементами информационного обеспечения системы адаптивного управления.

Кроме того, важным является вопрос получения информации, характеризующей истинное состояние объекта управления - процесса фрезерования. При определении математической модели процесса фрезерования, управляемой (выходной) координатой которого является момент резания, проведена динамическая идентификация по методу Калмана и подтверждена возможность описания передаточной функции процесса фрезерования апериодическим звеном первого порядка с изменяющимся передаточным коэффициентом и постоянной времени. Метод Калмана позволяет получить модель объекта переходом от разностного управления к дифференциальному, затем к передаточной функции. В связи с изложенным выполнено следующее:

- снято большое число осциллограмм изменения момента электропривода главного движения и величины подачи при врезании фрезы в заготовку для различных условий обработки, при этом время переходного процесса разбиваем на равные интервалы  $\Delta t$  с условием  $\Delta t \leq T$ , где  $T$  - минимальная постоянная времени объекта;

- выбрана динамическая модель объекта в виде линейного разно-

отного уравнения первого порядка

$$M_n = A_0 M_{n-1} + B_0 M_{уст}, \quad (1)$$

где  $M_n$  - значение выходной координаты в момент времени  $t = n\Delta t$ ;

$n$  - номер точки эксперимента;

$A_0, B_0$  - коэффициенты разностного уравнения;

$M_{уст}$  - установившееся значение момента резания;

- определены коэффициенты  $A_0, B_0$  по данным эксперимента, исходя из обеспечения оптимальной адекватности модели объекту, Наиболее распространенным является критерий минимума суммы квадратов отклонений

$$F = \min \sum_{i=1}^n (M_n - A_0 M_{n-1} - B_0 M_{уст})^2, \quad (2)$$

а при  $\partial F / \partial A_0 = 0; \partial F / \partial B_0 = 0$  получим  $A_0, B_0$ ;

- для проверки адекватности модели полученному выражению рассчитаны значения момента резания для тех же интервалов времени, сравнение расчетных данных с данными эксперимента показывает хорошую адекватность модели объекту, погрешность не более 4...6%. Это подтверждает справедливость описания процесса фрезерования в виде аperiodического звена первого порядка, у которого входная координата - подача  $S$ , а выходная - момент резания  $M_z$

$$H_p(p) = \frac{M_z(p)}{S(p)} = \frac{K_p}{T_p p + 1}. \quad (3)$$

В работе установлено, что изменение параметров процесса фрезерования влияют на его передаточную функцию, изменяя в рассматриваемых случаях передаточный коэффициент  $K_p$  в 15 раз и постоянную времени  $T_p$  в 2 раза.

В третьей главе проводится разработка и исследование датчика технологической обратной связи (ТОС), выполненного в виде датчика статического момента асинхронного электродвигателя. Разработан датчик статического момента асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, который предназначен для формирования напряжения постоянного тока, пропорционального моменту двигателя, развиваемому электроприводом металлорежущего станка с технологической обратной связью (ТОС). Работа датчика основана на аппаратной реализации зависимости момента асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором от его параметров

$$M = K_M U_1^2 \Delta \omega, \quad (4)$$

где  $K_M$  - коэффициент пропорциональности,  $K_M = 3 / R_2' \omega_0^2$ ;

$U$  - действующее значение фазного напряжения сети;  
 $\Delta\omega$  - статическое падение скорости,  $\Delta\omega = \omega_0 - \omega$ .

При этом, напряжение на выходе датчика момента  $DM$  равно

$$U_{DM} = K_n U_0^2 U_{\Delta\omega}, \quad (5)$$

где  $K_n$  - коэффициент пропорциональности  $DM$ ;

$U_{\Delta\omega}$  - напряжение, пропорциональное падению скорости двигателя под действием нагрузки.

Такой  $DM$  должен содержать устройство возведения напряжения в квадрат, устройство перемножения двух напряжений, измеритель напряжения сети и измеритель напряжения, пропорционального  $\Delta\omega$ .

Функциональная схема такого  $DM$  содержит (рис. I, а) тахогенератор  $BR$ , трансформатор напряжения  $TU$ , функциональный блок  $U$ , блок перемножения  $X$ , блок задания  $BZ$  угловой скорости идеального холостого хода, блок  $BA$  усиления. Преобразования в схеме ведутся при использовании напряжений, пропорциональных соответствующим величинам

$$U_{\omega_0} \sim \omega_0; U_{\omega} \sim \omega; U_{\Delta\omega} \sim \Delta\omega.$$

Кроме того, на основании (5) предложено устройство для измерения статического момента асинхронного двигателя и на которое получено авторское свидетельство /2/, содержащее трансформатор напряжения, блок выпрямления, датчик частоты сети, преобразователь "напряжение-период", блок преобразования разности частот, датчик частоты вращения, вычислитель момента, состоящий из двух последовательно включенных интеграторов с ключами сброса, блок задержки и ключ передачи информации, блок выборки-хранения, сумматоры и модель электромеханической части ротора асинхронного двигателя. Однако, техническая реализация данного устройства оказалась весьма сложной, поэтому были разработаны более совершенные варианты реализации  $DM$ .

Когда основным требованием, предъявляемым к адаптивной системе регулирования является высокое быстродействие, то для измерения момента статического сопротивления двигателя в пределах рабочего участка его механической характеристики может быть использована следующая математическая модель

$$M(p) = \Delta\omega(p) \frac{\beta}{T_p p + 1}, \quad (6)$$

где  $\beta$  - модуль жесткости линеаризованной механической характеристики,  $\beta = dM/d\omega = 2M_K / S_K \omega_0$ ;

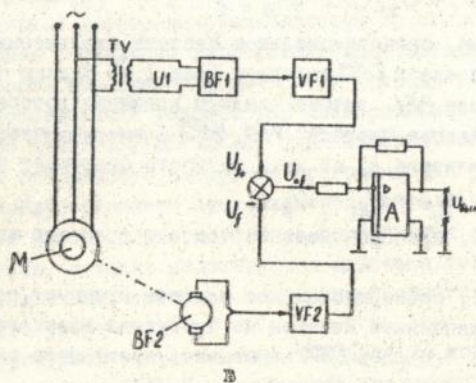
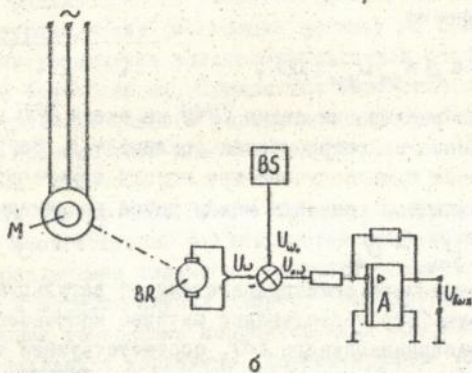
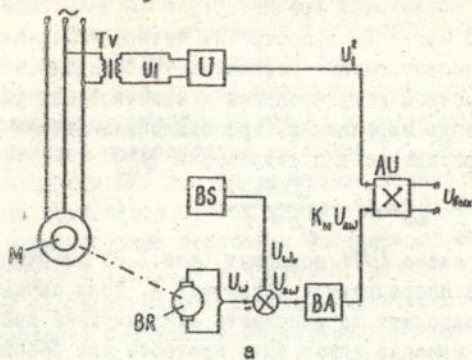


Рис. I. функциональные схемы датчика момента *DM*  
асинхронного электродвигателя

$T_p$  - электромагнитная постоянная времени,  $T_p = (0,06 \pm 0,006)$  с.

На основании (6) могут быть построены четыре модификации датчика момента  $DM$ , удовлетворяющие различным требованиям к динамическим показателям системы регулирования и отличающиеся различными подходами к получению напряжения, пропорционального  $\Delta\omega$ .

Из (6) следует выражение для реализации  $DM1$

$$U_{gm}(\rho) = U_{\Delta\omega}(\rho) \frac{\beta K_{gm}}{T_p \rho + 1}. \quad (7)$$

Функциональная схема  $DM1$  содержит (рис. I, б) аperiodическое звено, построенное на операционном усилителе А. Если параметры адаптивной системы позволяют не учитывать динамические свойства измерения, то датчик момента может быть построен как безинерционный на основании уравнения

$$U_{gm}(\rho) = \beta K_{gm} U_{\Delta\omega}(\rho). \quad (8)$$

В этом случае для реализации схемы  $DM2$  из схемы  $DM1$  исключается аperiodическое звено на операционном усилителе А. Напряжение  $U_{\Delta\omega}$  для  $DM1$  и  $DM2$  может быть получено при помощи тахогенератора и компаратора, определяющего разность между двумя напряжениями

$$U_{\Delta\omega} = U_{\omega_0} - U_{\omega}.$$

При питании асинхронного электродвигателя от регулируемого преобразователя частоты (ПЧ) представляет интерес использование для оценки напряжения, пропорционального  $\Delta\omega$ , соответствующей частоты скольжения  $\Delta f$ . При этом расчетная зависимость для  $DM3$  будет

$$U_{gm}(\rho) = U_{\Delta f}(\rho) \frac{\beta K_{gm}}{T_p \rho + 1}, \quad (9)$$

где  $U_{\Delta f}$  - напряжение, пропорциональное частоте скольжения  $\Delta f$ .

Функциональная схема  $DM3$  содержит (рис. I, в) датчик частоты вращения магнитного поля  $BF1$ , датчик частоты вращения ротора  $BF2$ , преобразователи "напряжение-частота"  $VF1, VF2$ , аperiodическое звено на операционном усилителе А, на вход которого поступает напряжение

$$U_{\Delta f} = U_{f_0} - U_f,$$

где  $U_{f_0}$  - напряжение, пропорциональное частоте вращения магнитного поля;

$U_f$  - напряжение, пропорциональное частоте вращения ротора.

Наконец для адаптивной системы не требующей высокого быстродействия может быть построен  $DM4$  на основе упрощенного выражения

(9)

$$U_{gm}(\rho) = \beta K_{gm} U_{\Delta f}(\rho). \quad (10)$$

Разработанный датчик момента таким образом обладает инвариантностью к несимметрии напряжения трехфазной сети и несимметрии обмоток статора асинхронного двигателя.

Экспериментально снятая выходная статическая характеристика при изменении мощности нагрузки в диапазоне 500...1500 Вт линейна и обладает погрешностью не более 2...3%. Экспериментальные исследования работы  $DM$  при фрезеровании показали, что выходной сигнал датчика изменяется с постоянной времени измерения равной 0,2с, содержит гармонические колебания измеряемого момента с относительной амплитудой  $\pm 1,5...3\%$  и частотой, равной 3,3 Гц.

Таким образом, работа датчика статического момента основана на использовании обобщенной модели асинхронного двигателя и на аппаратной реализации его электромеханической характеристики.

Четвертая глава посвящена анализу на ЭВМ показателей качества системы управления электроприводом для стабилизации момента резания при фрезеровании. Приводится математическое обоснование работы системы адаптивного управления для стабилизации момента резания. При исследовании динамики адаптивного электропривода фрезерного станка учтена и динамика кинематической части привода подачи (упругость, внутреннее вязкое трение, приведенный зазор). На ЭВМ выполнен множественный анализ систем стабилизации момента резания (СМР) с различными типами комплектных электроприводов подачи, применяемых в металлорежущих станках (ЭТУ ЖО1, ЭПУ-1, ПТР-04М, ЭШИМ-1) и разными вариантами корректирующих устройств (самонастраивающаяся упреждающая коррекция, корректирующее устройство с двумя реальными дифференцирующими звеньями по моменту двигателя привода главного движения и скорости привода подачи, корректирующее устройство с реальным дифференцирующим звеном по скорости привода подачи, коррекция с реальным дифференцирующим звеном по приращению угловой скорости асинхронного двигателя привода главного движения).

Для исследований разработана универсальная программа на алгоритмическом языке *QUICK BASIC* для персональной ЭВМ типа IBM-AT 286. Схема обобщенного алгоритма программы для расчета работы системы СМР предусматривает пуск электродвигателя привода подачи и последующее фрезерование детали со ступенчатым или линейным изменением припуска, а также моделируются действие технологической обратной связи, датчика момента и одного из предлагаемых вариантов корректирующего устройства.

В структурной схеме системы СМР (рис.2) использован электропривод подачи типа ЭШИМ-1, содержащий двухконтурную систему регу-



рования скорости, ПИ-регулятор скорости, релейный регулятор тока РРТ, имеющий петлеобразную релейную характеристику зоны нечувствительности, безинерционное звено (импульсный усилитель мощности (ИУМ)). Дана сравнительная оценка исследованных систем и показано, что наилучшими статическими и динамическими характеристиками (статическая ошибка менее 3 %, перерегулирование момента не более 5... 7 %) обладает система с комплексным электроприводом подачи типа ЭШИМ-1. Графики переходного процесса при врезании и скачкообразном (рис.3,а) и линейном (рис.3,б) увеличении припуска показывают указанные результаты моделирования.

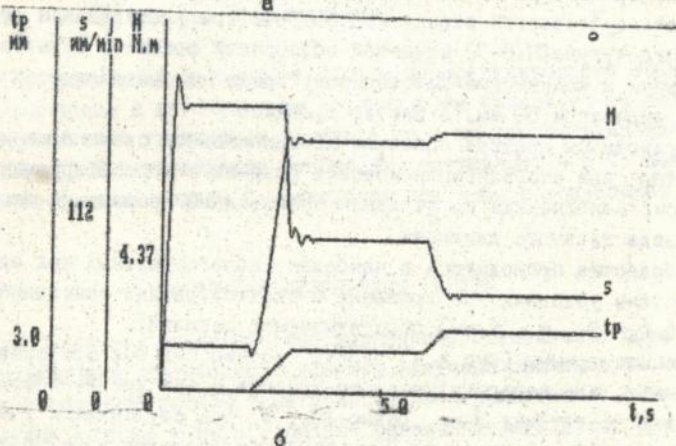
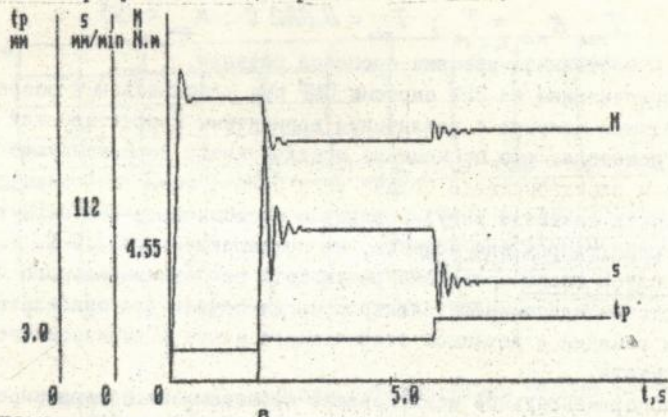


Рис.3. Расчетные графики переходного процесса при фрезеровании в системе СМР

Для системы СМР предложено корректирующее устройство с реальным дифференцирующим звеном по приращению скорости двигателя приводе главного движения, передаточная функция которого имеет вид

$$H_{K\omega}(\rho) = \frac{U_{\Delta\omega}(\rho)}{U_{K\omega}(\rho)} = \frac{K_{K\omega} T_{K\omega} \rho}{T_{K\omega} \rho + 1}, \quad (II)$$

где  $K_{K\omega}$ ,  $T_{K\omega}$  - коэффициент усиления и постоянная времени корректирующего устройства.

Настройка корректирующего устройства выполнена следующим образом:

$$T_{K\omega} K_{K\omega} = T_{\rho}; \quad T_{K\omega} = 0.002 \text{ с}; \quad K_{K\omega} = 100,$$

где  $T_{\rho}$  - постоянная времени процесса резания.

Исследования на ЭВМ системы СМР при использовании разработанного датчика момента с различными вариантами корректирующих устройств показали, что применение предложенного корректирующего устройства и электропривода подачи типа ЭШИМ-I позволяет значительно улучшить качества регулирования и обеспечивает наименьшую величину перерегулирования момента, не превышающую 0,5...7 %.

В пятой главе приведены результаты экспериментального исследования систем адаптивного электропривода подачи для стабилизации момента резания с датчиком статического момента асинхронного электродвигателя.

Экспериментальное исследование проведено на модернизированном вертикально-фрезерном станке мод.6Б75В12 при фрезеровании деталей из серого чугуна Ч18-32 концевой обдирочной фрезой с затупленными зубьями и коническим хвостовиком. Фреза из быстрорежущей стали Р9, диаметром 50 мм, с шестью зубьями.

Приводится краткое описание принципиальной схемы адаптивного регулятора при стабилизации момента резания с корректирующим устройством, выполненным по реальной производной приращения скорости привода главного движения.

Обработка проводилась в наиболее неблагоприятных для адаптивной системы условиях при врезании и скачкообразных изменениях припуска ( $\xi_{\rho} = 0...4...6$  мм) обрабатываемых деталей.

Осциллограммы (рис. 4, а) работы системы СМР при фрезеровании показывают, что перерегулирование момента  $M$  при врезании фрезы в заготовку на глубину 3 мм, равно 10,2 %, при ступенчатом увеличении глубины фрезерования на 2 мм перерегулирование момента составляет 6,4 %, статическая ошибка  $\Delta$  составляет 4 %.

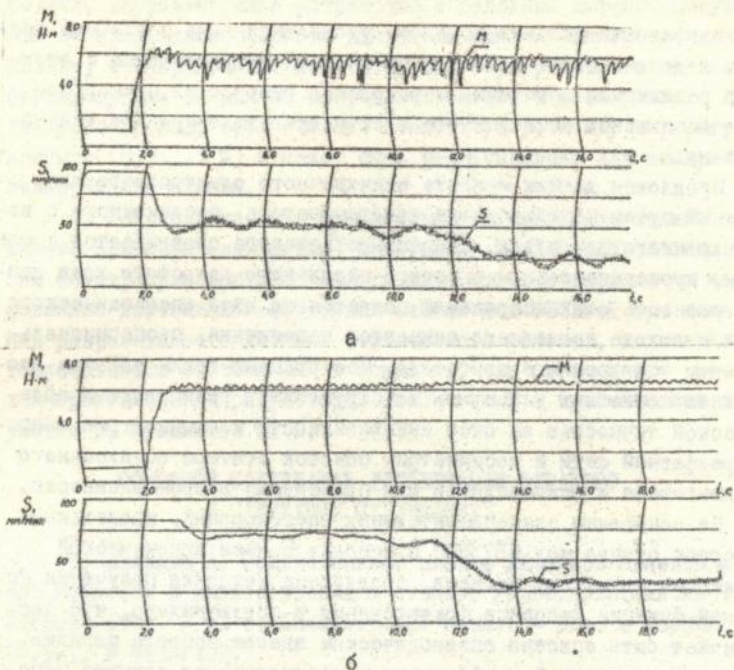


Рис.4. Экспериментальные осциллограммы работы системы СМР при фрезеровании

При изменении условий обработки перерегулирование момента при врезании фрезы в заготовку на глубину 4 мм (рис.4, б) не более 5 %, при ступенчатом увеличении припуска на 2 мм перерегулирование не превышает 2 %, статическая ошибка  $\Delta$  составляет 4,5 %. Колебания скорости привода подачи  $S$  находятся при этом в допустимых пределах.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Получены аналитические выражения, позволяющие обосновать работу датчика статического момента, которая основана на использовании обобщенной модели асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и на аппаратной реализации его электромеханической характеристики.

2. На основании полученных аналитических выражений построены

четыре модификации датчика момента, удовлетворявшие различным требованиям к динамическим показателям системы регулирования и отличающиеся различными способами определения напряжения, пропорционального скольжению асинхронного электродвигателя привода главного движения.

3. Предложен датчик момента асинхронного электродвигателя, выполненный путем использования тахогенератора, соединенного с валом асинхронного двигателя, напряжение которого сравнивается с напряжением, пропорциональным скорости идеального холостого хода двигателя, разность этих напряжений подается на вход апериодического звена, а с выхода последнего снимается напряжение, пропорциональное моменту асинхронного двигателя. Построенный таким образом датчик момента позволяет упростить конструктивную реализацию и обладает высокой точностью за счет инвариантности к несимметрии напряжения трехфазной сети и несимметрии обмоток статора асинхронного электродвигателя и рекомендован для применения в промышленности.

4. На основании экспериментальных исследований, проведенных на фрезерном станке мод. 6Б75ВФ2 с использованием динамической идентификации по методу Калмана, предложена методика получения передаточной функции процесса фрезерования и подтверждено, что последняя может быть описана апериодическим звеном первого порядка, у которого передаточный коэффициент в рассмотренных случаях изменяется в 15 раз, а постоянная времени в 2 раза.

5. Выполненный на ЭВМ множественный анализ системы СМР с различными типами комплектных электроприводов подачи, применяемых в металлорежущих станках (ЭТУ 360Г, ЭПУ-1, ПТР-04М, ЭШИМ-1) показал, что наилучшими статическими и динамическими характеристиками (статическая ошибка менее 3 %, перерегулирование момента не более 5...7 %) обладает система с комплектным электроприводом подачи типа ЭШИМ-1.

6. Установлено, что введение в систему СМР корректирующего устройства с использованием реального дифференцирующего звена, подключенного на напряжение, пропорциональное приращению скорости асинхронного электродвигателя главного движения, позволяет значительно улучшить динамические показатели регулирования. Исследования на ЭВМ системы СМР при использовании разработанного датчика момента с различными вариантами корректирующих устройств (самостоятельное устройство с упреждающей коррекцией, корректирующее устройство с двумя реальными дифференцирующими звеньями по моменту двигателя привода главного движения и скорости привода подачи, коррекция с реальным дифференцирующим звеном по скорости привода

подачи, корректирующее устройство с реальным дифференцирующим звеном по приращению скорости двигателя привода главного движения) показали, что применение корректирующего устройства с реальным дифференцирующим звеном по приращению скорости асинхронного двигателя главного привода обеспечивает наименьшую величину перерегулирования момента (0,5...7%) и может быть рекомендовано для внедрения в металлорежущие станки.

7. Установлено, что предложенные и экспериментально исследованные принципы (алгоритмы) построения адаптивной системы управления электроприводом для стабилизации момента резания на модернизированном вертикально-фрезерном станке мод.6Б75В42 при использовании разработанного датчика статического момента, подтвердили работоспособность системы СМР и показали, что погрешность расчетных и экспериментальных результатов статических и динамических характеристик не превышает 12%.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО  
В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

1. Алхаджи А. Сравнительный анализ датчиков момента и активной мощности в электроприводах станков /Одес.политехн.ин-т. - Одесса, 1992. - 43 с. Библиогр.:27 назв.: - Деп. в УкрНИИТИ ОІ. 04.92., № 423-Ук92.

2. А.с. № 1789887; МКИ G 01 L 3/00. Устройство для определения статического момента двигателя /Алхаджи А., Шапарев Н.К. - Оpubл. в Б.И., 1993, № 3.

3. Шапарев Н.К., Алхаджи А. Датчик момента для системы автоматизированного электропривода. - Сб.Оптимизация режимов работы систем электроприводов. - Красноярск, Красноярский политехнический институт, 1992. С.80-84.

4. Шапарев Н.К., Алхаджи А. Адаптивный электропривод подачи для стабилизации момента резания при фрезеровании /Тезисы докладов Всеукраинского научно-технического совещания "Электрооборудование для станкостроения и машиностроения". Одесса, УкрНИИСПІ, 20-22 апреля, 1993. - С.19

5. Shaparev N. K., Alhadji A. A momental sensor for an asynchronous motor for controlling technological processes // MODELLING, MEASUREMENT & CONTROL, periodicals AMSE, Egypt. A. Vol. 52, N 2, 1993, pp. 29-36.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

Main body of faint, illegible text, appearing to be several paragraphs of a document.



AB 27.655