УДК 621.9

Адаптивное управление станками

Никитина Л.Г.

Описываются системы адаптивного управления, обеспечивающие: контроль одного параметра по заданной установке и формирование команды на выключение станка; управление с ограничением по заданному параметру и автоматической подналадкой станка; адаптивное управление с оптимизацией выбранного критерия с поднастройкой одного или нескольких технологических регулируемых параметров.

Ключевые слова: адаптивное управление, станок

Несмотря на наличие систем адаптивного управления на рынке, опыт эксплуатации станков, оснащенных такими системами, является неудовлетворительным. Неэффективная работа систем адаптивного управления в условиях производства объясняется неудовлетворительной корреляцией между информацией поступающей с датчиков станка в систему и непосредственно процессом резания. При этом в большинстве случаев используется ограниченное число датчиков, главным образом тока главного шпинделя или тока электродвигателя подачи.

Уровнем сложности системы адаптивного управления определяется качество ее работы и функциональные возможности [1]. Системы адаптивного управления, обеспечивающие контроль одного параметра по заданной установке, представляет собой системы контроля. Таким параметром может быть сила резания или ток электродвигателя. При превышении установки текущим значением контролируемого параметра системой формируется аварийный сигнал и команда на выключение станка. Подналадка станка в этом случае осуществляется оператором – станочником. Следующий уровень сложности относится к системе адаптивного управления с ограничением по заданному параметру. При достижении контролируемым параметром заданной установки прерывания процесса обработки не происходит, а подналадка производится автоматически. Система адаптивного управления следующего уровня сложности позволяют оптимизировать выбранный критерий. Оптимизация осуществляется путем поднастройки одного или нескольких технологических регулируемых параметров. Исследования систем адаптивного управления с оптимизацией выбранного параметра проводятся в течение более 20 лет. Основным препятствием к широкому внедрению таких систем является отсутствие соответствующих промышленных датчиков.

При оптимизации технологического параметра вводятся ограничения по ряду других технологических параметров, что обуславливается конструктивными и функциональными возможностями. Так, возможен ввод ограничений по предельной мощности или моменту, максимально допустимой силе резания, по шероховатости обрабатываемой поверхности, а также ограничения по скорости подачи или по частоте вращения шпинделя.

Значения технологических параметров предлагается подразделять на три группы. К первой группе можно отнести приемлемые значения, ко второй – рекомендованные. Приемлемые значения определяются на основе технологических и конструкторских характеристик станка с учетом соответствующих ограничений. Рекомендованные значения берутся из стандартов или массивов данных, хранящихся в банках фирмы. В большинстве случаев рекомендованные значения технологических параметров отличаются неэффек-

тивностью, обуславливая неэкономичность процесса резания. К третьей группе относят оптимизированные значения общих технологических параметров. Оптимизированными значениями учитываются как экономические факторы, так и технические характеристики, обуславливающие ограничения технологических параметров.

Большинство систем адаптивного управления с ограничением технологических параметров используются в компьютерно-интегрированном производстве или при оснащении отдельных станков. Системами адаптивного управления с оптимизацией технологических параметров оснащено лишь небольшое количество станков. Системой адаптивного управления с полной оптимизацией и с ограничением технологических параметров является система COMP фирмы Colding International Corp. (США).

Большинство исследовательских работ по этой тематике было выполнено в Королевском технологическом институте (Швеция)[2]. Функциональные особенности системы разработанной в этом институте следующие: функции контроля и управления, которые реализуются системой, предлагается разделять на несколько уровней. К первому уровню можно отнести контроль параметров, связанных с возможностью аварии на станке вследствие износа инструмента, стружкодробления, поломки инструмента, столкновения, возникновения вибраций, перегрузки электродвигателя по току. Ко второму уровню предлагается отнести контроль установок при адаптивном управлении по силе и по вибрациям. К третьему уровню относят функции оптимизации, осуществляемой в соответствии с концепцией адаптивного управления. Критерием оптимизации в этом случае является производительность или минимальные затраты на производство.

Для реализации указанных функций адаптивного управления требуется передача в систему различных типов данных, полученных при измерениях. Контроль процесса резания осуществляется с помощью двух независимых систем в промышленном исполнении. Для адаптивного управления фирмой CTN (Швеция) разработано пять независимых измерительных систем, с помощью которых можно осуществлять контроль: износа режущей кромки инструмента(между проходами); силы резания, вибраций, высокочастотного спектра вибраций инструмента, а также производить специальный анализ мощности.

Система адаптивно-программного управления выполнена по распределенной структуре и состоит из «интеллектуальных» модулей, системы ЧПУ типа CNC и центральной ЭВМ. Фирма CTN предполагает в перспективе выполнить разработку дополнительных «интеллектуальных» модулей», реализующих адаптивные модули.

Измерительные системы имеют следующие особенности. Измерение режущей кромки инструмента производится с помощью специализированной видеосистемы. Производится схема идентификации износа, при этом во многих случаях изношенная поверхность отличается большей яркостью в отраженном свете по сравнению с неизношенной.

Для наглядности телекамеру устанавливают на станке. Телекамера, выполненная на приборе с зарядовой связью, и волоконно-оптические кабели монтируют на шпинделе вне зоны резания. Для защиты узлов видеосистемы от стружки и СОЖ предусмотрен специальный защитный щиток. На кожухе устанавливают пневматическое сопло для очистки инструмента сжатым воздухом.

Процедура функционирования видеосистемы следующая: вначале осуществляется обдув инструмента сжатым воздухом, затем пневматически происходит открытие зоны резания путем смещения защитного кожуха. Видеокамерой фиксируется изображение инструмента и закрывается защитный щиток.

Производится формирование гистограммы распределения серых тонов, выбор дискретности по минимуму распределения между освещенной зоной изношенной поверхности режущей кромки инструмента и темным фоном. Локализуется граница режущей кромки путем нахождения максимального значения по координате У для каждого значения в координате Х. Производится фильтрация границы изображения в направлении координаты Х. На основе полученных данных выполняется расчет максимальной величины износа инструмента.

Обрабатываемость материала деталей даже из одной и той же партии изменяется в некоторых пределах. Для выбора режимов резания в соответствии с фактической обрабатываемостью материала необходим активный контроль процесса резания, т.е. контроль в реальном масштабе времени. Контроль может осуществляться путем измерения некоторых параметров, которые коррелируют с процессом резания. Наиболее эффективный метод контроля процесса резания основан на измерении сил резания. Для получения информации о силе в адаптивной системе управления используются пьезоэлектрические датчики силы, отличающиеся высокой жесткость конструкции, малыми габаритами, хорошими точностными параметрами и широким диапазоном измерения силового параметра. Высокая резонансная частота позволяет использовать пьезоэлектрические датчики для измерения как динамических, так и квазистатических сил. Установка датчиков силы производится между суппортом и револьверной головкой. С помощью этих датчиков выполняются измерения трех составляющих сил резания. На основе данных о силе резания система адаптивного управления производит расчет оптимальных параметров резания – величины подачи и частоты вращения шпинделя. При этом имеется возможность изменения технологических параметров в пределах 0-150% от запрограммированных значений. Перед обработкой сигналов с датчиков силы производится их фильтрация с помощью низкочастотного фильтра.

Наличие информации о вибрациях повышает эффективность системы адаптивного управления. Данные о вибрациях могут быть получены как от датчика вибраций, так и от пьезоэлектрического датчика силы. В последнем случае анализируется сигнал, пропорциональный динамической составляющей силы резания. На основе анализа вибраций системой формируются сигналы на изменение величины подачи или частоты вращения шпинделя.

Контроль износа инструмента осуществляется на основе данных, получаемых от пьезоэлектрического датчика, установленного вблизи режущей кромки инструмента. Эти данные сравниваются с данными, получаемыми с оптического датчика износа. При этом дается интегрированная оценка степени износа режущей кромки инструмента.

Следует разделять две основные функции системы адаптивного управления – контроля и управления. При контроле система следит за поломкой и столкновением инструментов. Контроль износа инструмента является более затруднительным. Косвенные методы измерения износа инструмента должны использоваться с большой осторожностью вследствие низкой надежности.

Адаптивное управление осуществляется в функции двух технологических параметров: силы резания и вибраций. Регулирование скорости подачи и частоты вращения шпинделя осуществляется при постоянной силе резания с контролем уровня вибраций. Система адаптивного управления, реализуемая на основе данных о силовом параметре, не может обеспечить оптимизацию по скорости съема припуска или по затратам на производство.

Интересна комбинированная система адаптивного управления, в которой используется два принципа: поддержание технологического параметра на уровне заданной установки и оптимизация технологического параметра. Возможно автоматическое переключение системы адаптивного управления на работу по одному из них. Особенностью такой системы является использование независимых измерительных систем и возможность интегрированной оценки получаемой из разных источников информации. Управление с ограничением технологического параметра на уровне заданной установки позволяет поддержать максимальную производительность. При этом стойкость инструмента не является лимитирующим фактором. Такая концепция построения системы адаптивного управления является наиболее приемлемой при высокопроизводительной токарной обработке в режиме безлюдной технологии.

Литература

1.*Александров А.Г.* Оптимальные и адаптивные системы.- М.: Высшая школа, 1989.- 168с.

2. *Lundholm Th., Yngen M.* Advarced process monitoring – a major step towards adaptive control // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 1988. – Vol.4, №3. – 2003.

Статья поступила в редакцию 13 декабря 2011 г.

The systems of adaptive management providing are described: control of one parameter on the set installation and command formation on machine tool deenergizing; management with restriction on the set parameter and automatic regulation the machine tool; adaptive management with optimization of the chosen criterion with regulation one or several technological adjustable parameters.

Keywords: adaptive control, machine.

Никитина Любовь Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированное проектирование машин и технологических процессов» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»