

Boris Goncharenko

National University of Food Technologies

Larisa Vihrova

Kirovograd National Technical University

Synthesis of optimal minimax estimation and control of linear multidimensional objects in inaccurate and conditions of measurement

The problem of minimax estimation and control of linear multi-dimensional objects in the part-time and (or) non-precision coordinate measuring some of its state. Set out the nature and sequence of such an approach.

The problem of synthesis of optimal minimax estimation and management of recovery values in the specified object. See matrix model temperature thermal object (baking chamber) and criteria for optimal monitoring and management. Described the sequence of mathematical transformations and replacements that by solving the optimization problem to finally get the optimal estimation of expression (the observer) and the control action (controller) in an incomplete or inaccurate measurement of the coordinates of the object state in the form of a matrix of feedback and observations of the coefficient matrix model coordinates of the object state.

Stated have to facilitate the application of the method minimax approach for practical solutions optimization problems and recovery management parameter values of states in the food industry.

optimization problems, linear dynamical system, minimax estimation, Minimax control mathematical model, multidimensional object management admissible perturbations, quadratic optimality criterion, matrix differentiation, matrix maximum principle of Hamilton

Одержана 05.04.14

УДК 674.05:621.91

Т.Г. Руденко, Ю.О. Єрмолаєв, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Інформаційно-комп'ютерна система контролю процесу фрезерування деревообробного верстата

Стаття присвячена побудові системи контролю параметрів динамічного стану деревообробного поздовжньо-фрезерного верстата. З аналізу досліджень і публікацій встановлено, що важливими інформативними параметрами є вібрація, завантаження приводів фрези та подачі заготовки, шорсткість обробленої поверхні. В роботі визначені допустимі граничні значення вище вказаних параметрів, наведено структурну схему системи контролю та програмний алгоритм роботи мікроконтролера.
поздовжньо-фрезерний верстат, деревообробка, система контролю

Т.Г. Руденко, Ю.А. Ермолаєв, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Информационно-компьютерная система контроля процесса фрезерования деревообрабатывающего станка

Статья посвящена построению системы контроля параметров динамического состояния деревообрабатывающего продольно-фрезерного станка. Из анализа исследований и публикаций установлено, что важными информативными параметрами является вибрация, загрузка приводов фрезы и подачи заготовки, шероховатость обработанной поверхности. В работе определены допустимые предельные значения указанных выше параметров, приведена структурная схема системы контроля и приведен программный алгоритм работы микроконтроллера.
продольно-фрезерный станок, деревообработка, система контроля

© Т.Г. Руденко, Ю.О. Єрмолаєв, 2014

Вступ. Контроль роботи будь-яких складних об'єктів, діагностика стану та запобігання виходу з ладу їх складових завжди була актуальною науково-технічною задачею. Одними з таких об'єктів є деревообробні фрезерні верстати, які мають різні конструкції в залежності від технологічних операцій, які вони реалізують. Розробка систем автоматизації для таких об'єктів, як правило, здійснюється на основі розробок для металообробних або класичних деревообробних машин. Поява нових, конструктивно відмінних верстатів вимагає додаткових досліджень та контролю технологічних параметрів в процесі їх роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню фрезерних верстатів присвячено багато робіт українських та зарубіжних науковців. Їх досвід дозволяє пересвідчитись в необхідності контролювати параметри роботи верстата.

В літературі [1] запропоновано систему, яка на початковій стадії проводить обробку деталей до моменту затуплення ріжучого інструмента та визначає фактичне значення періоду стійкості інструмента. За цей період проводиться навчання самоналагоджувальної системи.

В літературі [2] приділено увагу віброакустичним коливанням елементів конструкції верстатів, визначено їх вплив на похибку форми деталей, хвилястість та шорсткість обробленої поверхні, підкреслено важливість автоматизації оцінювання динамічного стану верстату.

В роботі [3] представлено дослідження параметрів вібрації, що виникають при фрезеруванні оброблюючим центром, визначено залежності середньоквадратичного значення віброприскорення на шпинделі від величини подачі. Шляхом вимірювання вібраційних процесів, що виникають у верстаті, шпинделі та в зоні обробки, автори оцінювали динамічні явища, що виникають в досліджуваній системі з метою подальшого керування режимами обробки, що мінімізують відповідні коливання і вібрації. За висновками роботи [3], вібродіагностика дозволяє контролювати розвиток дефектів в механічній системі верстатів, визначати дефекти інструмента, виявляти неефективні з точки зору надійності та точності режими обробки. Таким чином, обґрунтовано важливість узгодження режимів різання з рівнем можливих вібрацій шпинделя, ріжучого інструмента і оброблюваної деталі.

Фрезерування, зокрема на деревообробних верстатах, залежить від багатьох факторів, які визначаються емпірично (за таблицями, графіками та рівняннями), що здебільшого не є оптимальним рішенням. В [4] представлено програму, яка враховує більшість факторів та обмежень, що мають місце в процесі фрезерування, та може бути використана для вивчення впливу швидкості різання та подачі на потужність фрезерування для отримання оптимальних умов обробки. Зазначено, що об'єктною функцією процесу фрезерування можуть бути технічні критерії (потужність фрезерування, споживання електроенергії, якість фрезерування), економічні (ціна продукції) або їх сполучення.

Мета статті. Метою статті є розробка інформаційно-комп'ютерної системи контролю параметрів процесу фрезерування для поліпшення якості обробки деревини, зменшення кількості бракованих виробів, запобігання перевантаження електродвигунів, діагностування стану механічних вузлів верстата.

Матеріали дослідження. Дослідження та розрахунки проведено на базі деревообробного поздовжньо-фрезерного верстата, який здійснює калібрування деревних щитів за товщиною [10].

Технологічних параметрів, що сигналізують про хід процесу фрезерування і стан системи верстат-заготовка є дуже багато, та основними з них нами обрано вібрації шпинделя, струм і температура обмоток двигунів головного привода і привода подачі,

шорсткість обробленої деревини як показник якості вихідного продукту. Підтримування цих величин в заданих технологічно обумовлених межах є запорукою надійної і стабільної роботи системи деревообробки.

На вібраційні процеси при фрезеруванні деревини впливають наступні фактори [5]:

- чинники, пов'язані з режимом обробки (частота обертання інструменту, швидкість подачі і глибина фрезерування);
- чинники, пов'язані з ріжучим інструментом (балансування інструменту, лінійно-кутові параметри, затуплення різця);
- чинники, пов'язані з оброблюваним матеріалом (порода, вологість, розташування й напрямок волокон);
- різні стохастичні фактори, що проявляються в процесі формоутворення поверхні деталей. Діапазон допустимих вібрацій, який визначається нормами державних та міжнародних стандартів [6], наведено на рис.1. Для якісної оцінки вібрації машини та прийняття рішення про необхідні дії в конкретних ситуаціях встановлено наступні зони стану. Зона А – в цю зону підпадає вібрація нових машин, що вводяться в експлуатацію. Зона В – рівень вібрації машин, що вважаються придатними для експлуатації без обмеження строків. Зона С – рівень вібрації машин, що вважаються непридатними для тривалої неперервної експлуатації, такі машини можуть функціонувати обмежений період часу до початку ремонтних робіт. Зона D – рівні вібрації в цій зоні зазвичай можуть викликати істотні пошкодження як машин, так і виробів.

Для швидкості обертання вала 3000 об./хв. значення початку зони В дорівнює 87,6 мкм, зони С – 164,3 мкм, зони D – 241 мкм.

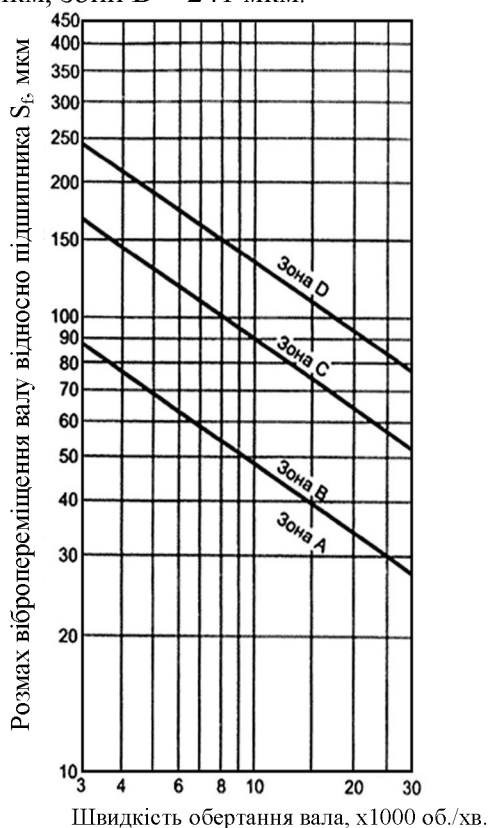


Рисунок 1 – Рекомендовані значення максимальних відносних переміщень вала в залежності від максимальної робочої швидкості вала машини

Величина струму статора асинхронного двигуна (АД) привода головного інструмента свідчить про завантаження двигуна, що визначає енергоефективність роботи всього верстату. Найкращими є показники ефективності роботи АД при максимальних значеннях коефіцієнту потужності $\cos \phi$ та коефіцієнту корисної дії (ККД) η . Для двигуна АИР160S2 [7] побудовано робочі характеристики (рис. 2), в якості яких прийнято залежності швидкості обертання ротора від потужності АД $\omega = f(P_2)$; обертаючого моменту на валу машини $M = f(P_2)$; струму статора $I_1 = f(P_2)$; коефіцієнта корисної дії $\eta = f(P_2)$; коефіцієнта потужності $\cos \phi = f(P_2)$ у відносних одиницях.

Як показали експлуатаційні виміри, асинхронні електродвигуни основну частину часу працюють у недовантаженому режимі. Перевантаження можливі при чорновій обробці деревини з максимальною товщиною стружки та великою швидкістю подачі. Невеликі короткотривалі перевантаження не створюють значного перегріву обмоток двигуна і не є небезпечними, оскільки двигуни мають запас по навантаженню та нагріванню, що залежить від класу ізоляції. Але якщо перевантаження часто повторюються й протікають досить довго, це приводить до критичного нагрівання обмотки. Для захисту двигунів при аварійних перевантаженнях, які можуть бути пов'язані із заклинюванням рухомих частин устаткування, зниженням напруги й аваріями в мережі живлення, використовуються спеціальні засоби захисту, які є обов'язковими і нами не розглядаються.

Таким чином, струм статора I_1 має бути в межах $0,55 \cdot I_n \dots 1,2 \cdot I_n$, тобто 16,5-36 А, і не перевищувати $3,2 I_n$, тобто 96 А.

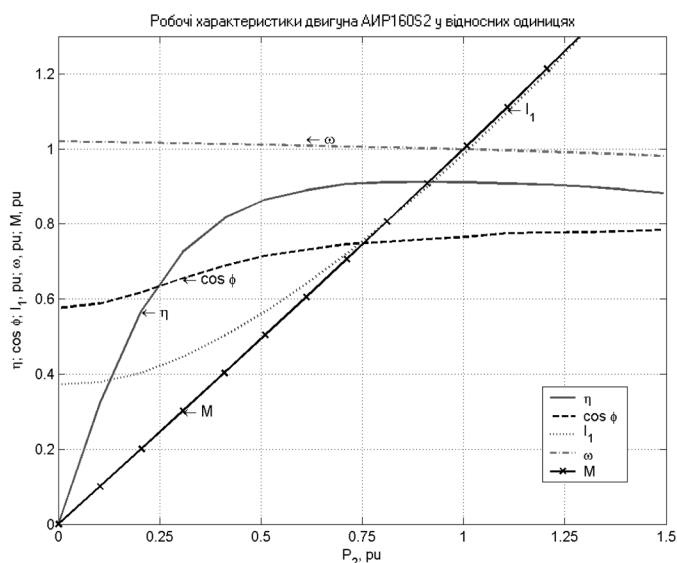


Рисунок 2 – Робочі характеристики асинхронного двигуна АИР160S2

Шорсткість задається вимогами до якості продукту і багато в чому залежить від швидкостей обробки та стану ріжучого інструмента. Нерівності ріжучої кромки леза копіюються на обробленій поверхні, при цьому розмір відбитку залежить від пружних властивостей деревини [8]. Тому відсутність реакції системи на зменшення швидкості подачі є попередженням про необхідність перевірки і повороту чи заміни лез на фрезі [9].

Своєчасна заміна інструменту дозволить передбачити появу партії неякісно обробленої продукції, попередити витрати на повторну обробку (калібрування). Бажаний діапазон значень шорсткості задається ДСТУ 7016-82 та уточнюється згідно з

вимогами до якості продукції в кожному окремому випадку. Так, для деревини, обробленої поздовжнім фрезеруванням шорсткість $R_z=16-250$ мкм.

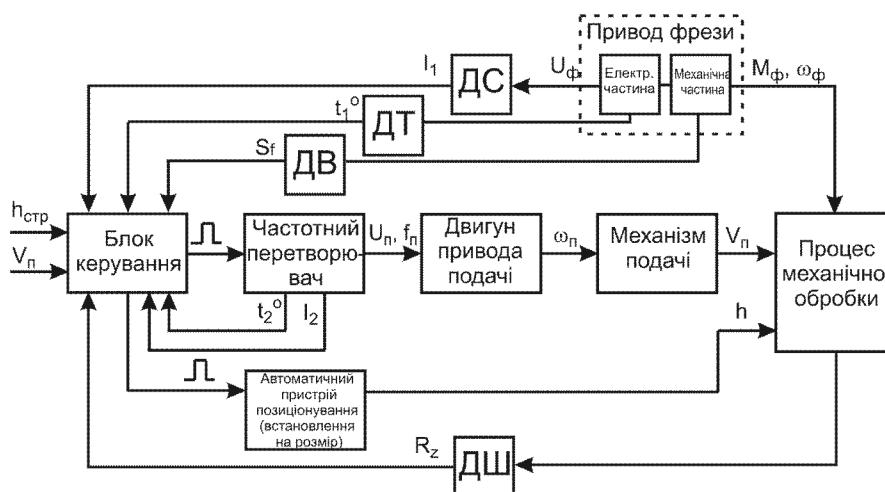


Рисунок 3 - Структурна схема системи контролю процесу фрезерування деревообробного верстата

На рис. 3 наведено структурну схему системи контролю процесу фрезерування деревообробного верстата. Після ініціалізації, яка включає в себе налаштування інтерфейсів вводу-виводу та завантаження опорних значень контролюємих параметрів, робота системи починається із завдання оператором товщини шару, що знімається $h_{стр}$, та швидкості подачі $V_п$. Після цього вмикається автоматичний пристрій позиціонування, який змінює висоту h розташування фрез над зоною обробки відповідно до заданої товщини стружки. Вмикається двигун привода інструмента (ГП), після пуску та розгону якого відбувається опитування датчиків струму (ДС), температури (ДТ), вібрації (ДВ), шорсткості (ДШ), збереження цих показників стану верстата на холостому ході у пам'ять і виведення на дисплей.

Наступним етапом є включення приводу подачі. Сигнал, пропорційний заданій швидкості подачі, передається на перетворювач частоти (ПЧ), який здійснює керування асинхронним двигуном. Швидкість подачі має відповідати технологічним вимогам, наприклад, для фугувальних верстатів 7-30 м/хв., для чотирибічних поздовжньо-фрезерних 4–20 м/хв. [10], для фрезерного калібрувального верстата АСТРА 14–27 м/хв. [9]. Інформація про струм статора, температуру обмоток та швидкість подачі у вигляді цифрового сигналу передається від ПЧ до блоку керування, де оброблюється і виводиться на дисплей.

Система послідовно опитує датчики струму, температури, вібрації та шорсткості, виконує обробку і порівняння отриманих сигналів із запрограмованими значеннями та виводить на дисплей. У випадку перевищення максимально допустимих значень, виводиться застережний сигнал про перевантаження або погіршення якості. Оператор має можливість змінювати швидкість подачі в процесі роботи системи, або зупинити обробку, натиснувши кнопку «СТОП». У випадку аварії спрацьовує додатковий захист.

Наведений алгоритм контролю реалізований на верстаті СФ-АСТРА-РК8, в якості датчика струму використано трансформатор струму ТК-20 300/5, датчика шорсткості – лазерний профілометр РФ603, датчика вібрації – вимірювач вібропереміщення ДП-И, датчика температури – сенсор АВВ РТС серії С011-3.

Список літератури

1. Иноземцев А. Н. Автоматизированное управление режимами резания металлорежущих станков с использованием самообучающихся систем / А. Н. Иноземцев, Н. И. Пасько, А. В. Анцев // Известия тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 12-1. – С. 40–49.
2. Коновалов В. В. Модель процессов в динамической системе токарного станка с учетом стохастических свойств сил резания / В. В. Коновалов, А. А. Игнатьев // Вестник СГТУ. – 2011. – №2 (56). Выпуск 2. – С. 230–233.
3. Лукьянов А. В. Исследование пространственной вибрации обрабатывающего центра в режиме фрезерования / А. В. Лукьянов, Д. П. Алёйников // Системы. Методы. Технологии. Братский государственный университет. – 2014. – №1 (21). – С. 96–101.
4. Laurenzi W. Optimization software for the milling processes of wood [Электронный ресурс] / W. Laurenzi // Pro Ligno. – 2011. – Vol. 7. №4. – P. 105–110. – Режим доступа до журн.: <http://www.proligno.ro/en/articles/2011/201104.htm>.
5. Воробьев А. А. Анализ факторов, влияющих на виброактивность дереворежущих станков / А. А. Воробьев // Актуальные проблемы лесного комплекса. XI международная научно-техническая конференция «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития». Брянск. – 2009. – Вып. 22. – С. 238–242.
6. Вібрація. Контролювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на обертових валах. Промислові машинні комплекси (ГОСТ ИСО 7919-3-2002, IDT; ISO 7919-3:1996, MOD); ДСТУ ИСО 7919-3:2009. – [Чинний від 2009-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 11 с. – (Національний стандарт України).
7. Єрмолаєв Ю. О. Визначення параметрів асинхронних двигунів з побудовою статичних характеристик для приводів фрезерувального верстата СФ-АСТРА-РК8 / Ю. О. Єрмолаєв, Т. Г. Руденко // Техніка в сільськогосподарському машинобудуванні, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ. – Кіровоград: КНТУ. – 2010. – Вип. 23. – С. 71–77.
8. Глебов И. Т. Резание древесины: учеб. пос. / Иван Тихонович Глебов. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 256 с.
9. Станок фрезерный калибровочный СК-АСТРА-800. Руководство по эксплуатации. Ч. I. – Кіровоград: «АСТРА», 2009. – 22 с.
10. Машиностроение. Энциклопедия: в 40 т. / [ред. совет: Фролов К.В. (пред.) и др.]. - М.: Машиностроение, 2002. - Т. IV–7: Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование / [Б. И. Черпаков, О. И. Аверьянов, Г. А. Адоян и др.]; под ред. Б. И. Черпакова. – [2-е изд.]. - 2002. – 864 с.

Tatyana Rudenko, Yuriy Yermolaev

Kirovograd National Technical University, Kirovograd

Information-computer control system of the milling process woodworking machine

Article is devoted to the construction of the control system of the dynamic state of woodworking milling machines.

The analysis showed that the vibration, loading of milling cutter's drives and feed drive of billet, surface finish are the important informative parameters. In this paper the permissible limit values of the above parameters were defined, a block diagram of the control system was built, algorithm of microcontroller's work was shown.

The developed control system will improve the function of the machine without changing its structure, avoid overloading the engine, unbalancing mechanical parts of the machine, prevent the appearance of defective items and get the products specified quality.

milling machine, wood processing, control system

Одержано 20.05.14