

**V. Bisuk**

*Kirovograd National Technical University*

**Software ASC process of induction heating and welding of composite coatings**

With the rapid pace of development of microelectronics and, consequently, the advent of high-speed automation made possible the creation of automated systems and automatic control of such processes, the automation of previously considered uneconomical or technically impracticable, to the extent where it would meet the requirements of a particular production. The difficulty of designing technological equipment with automatic control system is often a too complicated way to measure process parameters and the complexity of the control algorithm, the latter is decisive reason for rejecting high-speed automation processes when the time interval between the control action must be a millisecond or less. These processes include some process of induction heating and welding.

The aim of this work is to study the properties of the process of induction heating parts and applying composite coatings and capacity development and implementation of ACS with the appropriate software.

Increasingly, automation is to improve the quality of products, whereas previously it was mostly better performance. Task automation induction welding is relevant in various branches of engineering, such as the manufacture of agricultural machinery, railways, etc. Accordingly, the question of drawing automatic control system induction welding process that is focused on stabilizing the quality of the process and fully takes advantage of modern electronics and microcontroller software.

Studies have shown processes INN factors influencing the flow of welding process, found their interdependence. Definitely more control over the parameters that significantly affect the quality of the parts. Software-driven ACS induction welding process based programmable microcontroller system enables dynamically (without stopping the process) managed to change the settings and save information about the process for monitoring and further processing.

**Induction welding, composite coating, process control, program management, software**

Одержано 19.04.13

**УДК 674.05:621.91**

**Т.Г. Руденко, здобувач**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Модель систем електроприводів деревообробного верстата**

У статті дана методика розрахунку моменту навантаження на привод фрези. Запропоновано імітаційну модель, яка дозволяє дослідити реакцію систем електроприводів на зовнішнє збурення у вигляді моменту навантаження. Проведено аналіз осцилограм струму статора асинхронного двигуна приводу фрези і результатів натурного випробування.

**деревообробка, електропривод, статичний момент, моделювання**

**Т.Г. Руденко**

*Кировоградский национальный технический университет*

**Модель систем электроприводов деревообрабатывающего станка**

В статье дана методика расчета момента нагрузки на привод фрезы. Предложена имитационная модель, которая позволяет исследовать реакцию системы электропривода на внешнее возмущение в виде момента нагрузки. Проведен анализ осциллограмм тока статора асинхронного двигателя привода фрезы и результатов натурного испытания.

**деревообработка, электропривод, статический момент, моделирование**

---

© Т.Г. Руденко, 2013

**Постановка проблеми.** В роботі [1] обґрунтовано використання систем автоматичного регулювання приводами поздовжньо-фрезерних верстатів. Важливим етапом є розробка імітаційних та математичних моделей об'єктів керування та дослідження їх реакції на зовнішні збурення, що в умовах обробки деревини – анізотропного матеріалу, фізичні властивості якого залежать від великої кількості параметрів, – є складною й актуальною науково-дослідною задачею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналітичні дослідження та моделювання проведено на прикладі поздовжньо-фрезерного верстата виробництва «АСТРА» (м. Кіровоград), в якому обробка деревини здійснюється торцевою фрезою шляхом поздовжньо-поперечного різання [2].

Теоретичні та експериментальні дослідження процесів різання деревини, проведені Ф. М. Манжосом, А. Л. Бершадським, І. Т. Глебовим, В. В. Амаліцьким, Є. Г. Івановським та іншими, дають можливість визначити силу взаємодії різця та деревини.

**Мета роботи:** аналітичне визначення збурюючого впливу на привод фрези з боку вузла різання. Співставлення реакцій по струму статора моделі і реальної осцилограми при прикладанні статичного моменту.

#### Основні матеріали дослідження.

Методи вирішення задачі. В [3, 4] показано, що середня дотична сила різання на дузі контакту при фрезеруванні одним лезом для макрослоїв ( $\alpha_c \geq 0,1$  мм)

$$F_{x_{зуб}} = a_n a_\omega (a_p p + k a_c) b, \quad (1)$$

де  $a_n$  – коефіцієнт, що враховує породу деревини;

$a_\omega$  – коефіцієнт, що враховує вологість деревини;

$a_p$  – коефіцієнт затуплення лез фрезерного інструмента;

$p$  – фіктивна сила різання, Н/мм;

$k$  – дотичний тиск стружки на передню поверхню леза, МПа;

$\alpha_c$  – товщина шару, що зрізується, мм;

$b$  – ширина шару, що зрізується, мм.

Для поздовжньо-поперечного різання:

$$\begin{aligned} p &= 0,98 + 0,59 \cos^2 \varphi_c, \\ k &= 0,029\delta + C \cdot V - 0,59 + (0,167\delta + (0,069 - C)V - 4,81) \cos^2 \varphi_c, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $\varphi_c$  – кут скосу на середині дуги контакту, який вимірюється між ріжучою кромкою та волокнами деревини;

$\delta$  – кут різання, град;

$V$  – швидкість різання, м/с;

$C$  – розрахунковий коефіцієнт,  $C=0,069$ .

Для точних розрахунків швидкість різання визначається як сума швидкостей подачі  $V_s$  та головного руху:

$$V = R_{cp} \omega_f + V_s, \quad (3)$$

де  $\omega_f$  – кутова швидкість фрези, рад/с;

$R_{cp}$  – середній радіус фрезерування, м.

Середня дотична сила різання  $F_x$  за один оберт фрези визначається за виразом:

$$F_x = F_{x \text{ зуб}} z, \quad (4)$$

де  $z$  – кількість лез фрези.

Обертаючий момент, потрібний для виконання процесу різання, Н·м:

$$M_{cf} = \frac{F_x V}{\omega_f}. \quad (5)$$

Підставивши вирази (1 - 4) у (5), отримаємо:

$$M_{cf} = z a_n a_\omega b (\alpha_p [0,98 + 0,59 \cos^2 \varphi_c] + a_c [0,029\delta + 0,069(R_{cp} \omega_f + V_s) - 0,59 + (0,167\delta - 4,81) \cos^2 \varphi_c]) (R_{cp} \omega_f + V_s) \frac{1}{\omega_f}. \quad (6)$$

Для зручності подальших розрахунків вираз (6) було представлено в системі СІ, розраховано середні значення технологічних параметрів, що відповідають даному типу верстатів, за винятком  $a_n$  та  $b$ , які мають найбільший вплив на величину моменту навантаження і задаються для кожного випробування окремо. Швидкість подачі  $V_s$  визначено через кутову швидкість двигуна привода подачі  $\omega_p$ . Після перетворень отримано статичний момент навантаження привода фрези:

$$M_{cf} = a_n b (9545.25 + 32.63 \omega_p + 5186.68 \frac{\omega_p}{\omega_f} + 0.38 \frac{\omega_p^2}{\omega_f} + 29.56 \frac{\omega_p^2}{\omega_f^2} + 1.08 \cdot 10^{-3} \frac{\omega_p^3}{\omega_f^2}). \quad (7)$$

В силу жорсткості природної механічної характеристики двигуна привода фрези кутову швидкість  $\omega_f$  практично можна вважати незмінною в порівнянні з частотою обертання двигуна привода подачі, а її величину рівною номінальному значенню, тобто  $\omega_f = 307,72$  рад/с. Таким чином отримано залежність моменту навантаження привода фрези від швидкості обертання двигуна привода подачі:

$$M_{cf}(\omega_p) = a_n \cdot b (9545.25 + 49.48 \omega_p + 1.55 \cdot 10^{-3} \omega_p^2 + 1.14 \cdot 10^{-8} \omega_p^3). \quad (8)$$

Очевидно, що доданками  $1.55 \cdot 10^{-3} \omega_p^2$  та  $1.14 \cdot 10^{-8} \omega_p^3$  через їх малу значимість можна знехтувати:

$$M_{cf}(\omega_p) = a_n \cdot b (9545.25 + 49.48 \cdot \omega_p). \quad (9)$$

Статичний момент навантаження привода подачі можна представити наступним чином:

$$M_{cp} = (0.55 \cdot F_x + 0.5 \cdot m \cdot g) \frac{r_e}{i_p \cdot \eta_p}, \quad (10)$$

де  $g=9,81$  прискорення вільного падіння;

$r_e$  – радіус приводного вала конвеєра;

$i_p$  – коефіцієнт передачі;

$\eta_p$  – сумарний ККД приводу подачі.

Виконавши підстановки та розкривши дужки отримуємо:

$$M_{cp} = a_n \cdot b(46.58 + 0.24 \cdot \omega_p + 2.98 \cdot 10^{-6} \cdot \omega_p^2) + 0.01 \cdot m. \quad (11)$$

Коефіцієнтом  $2.98 \cdot 10^{-6} \omega_p^2$  можна знехтувати, спростивши таким чином вираз:

$$M_{cp} = a_n \cdot b(46.58 + 0.24 \cdot \omega_p) + 0.01 \cdot m. \quad (12)$$

Залежності (9) та (12) було використано при побудові імітаційної моделі системи керування деревообробним верстатом (рис. 1). Сигнал навантаження  $M_{cf}$  подається на вхід  $T_m$  блоку асинхронної машини з коротко замкнутим ротором AUP160S2, параметри якого відповідають номіналам асинхронного двигуна привода фрези [5, 6]. Блок асинхронної машини AUP80A2 моделює двигун привода подачі. Кутова швидкість ротора двигуна подачі AUP80A2, виділена за допомогою блоку Machines Measurement Demux1, надходить на вхід блоку  $K_p$  і змінюється пропорційно заданій швидкості подачі. Сигнал  $M_{cp}$ , який моделює навантаження на привод подачі під час фрезерування, подається на вхід  $T_m$  блоку AUP80A2. Значення струму статора двигуна привода подачі на даному етапі не є важливим, однак зміни навантаження можуть викликати зміну швидкості подачі, тому  $M_{cp}$  враховано в моделі.

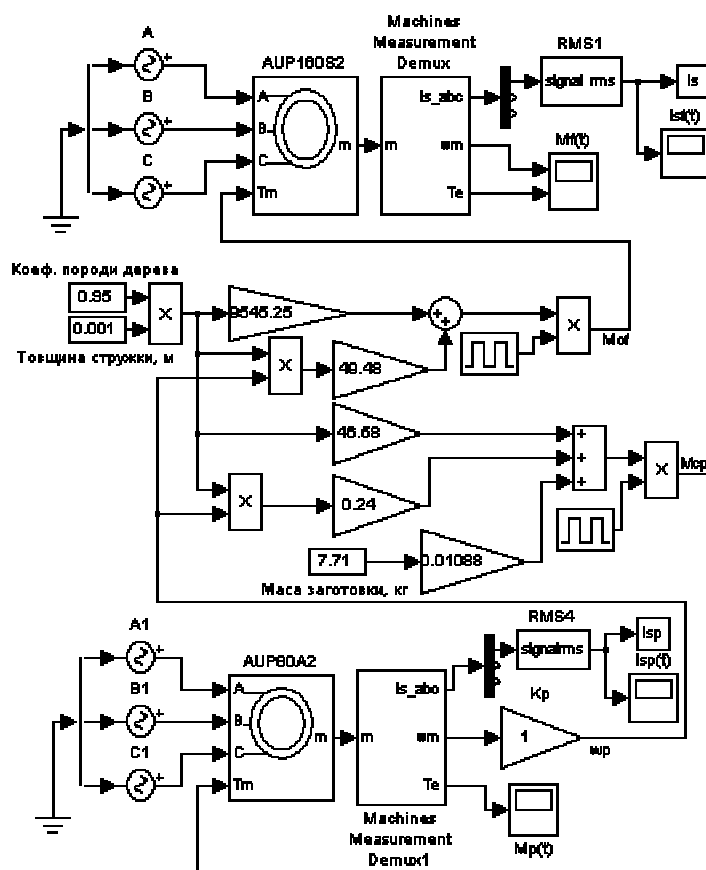
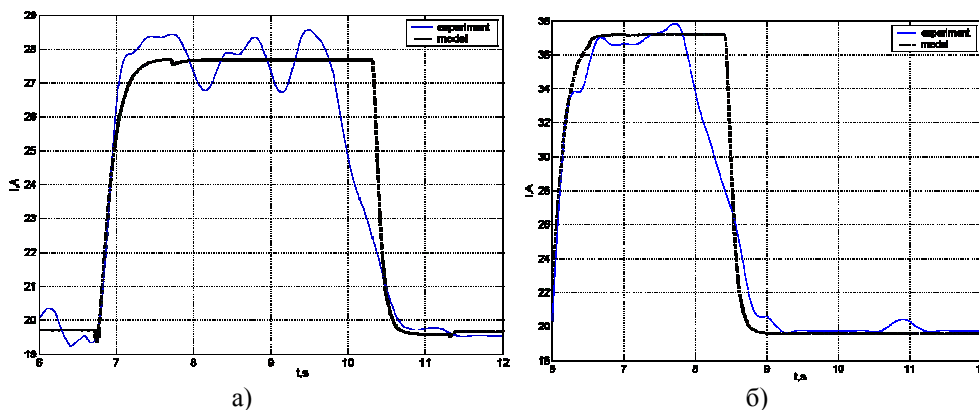


Рисунок 1 – Імітаційна модель систем керування деревообробним верстатом

Осцилограми струму статора асинхронного двигуна привода фрези, отримані шляхом моделювання та експериментальним шляхом, показано на рис. 2.



а) обробка смереки,  $b = 1$  мм, швидкість подачі 27 м/хв., довжина заготовки 2,1 м; б) обробка дуба,  $b = 3$  мм, швидкість подачі 19 м/хв., довжина заготовки 1,2 м

Рисунок 2 – Осцилограми струму статора асинхронного двигуна привода фрези, отримані шляхом моделювання та експериментальним шляхом

**Висновки.** Модель, отримана за запропонованою методикою, дозволяє визначити збурюючий вплив по навантаженню на привід фрези. Введення даного збурення в розроблену імітаційну модель системи викликає реакцію по струму, подібну до реакції реального привода.

## Список літератури

1. Руденко Т. Г. Розробка автоматизованої системи керування обробкою деревини на поздовжньо-фрезерних верстатах [Текст] / Руденко Т. Г., Єрмолаєв Ю. О., Шалімов В. О. // Техніка в сільськогосподарському виробництві. Галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ. – Кіровоград: КНТУ. – 2012. – Вип. 25, Ч. II. – С. 272–275.
2. Лебедев Ю. В. Ламель и облицовочный щит: технологии получения и применяемое оборудование [Электронный ресурс] / Юрий Васильевич Лебедев – Режим доступа: <http://astrawood.net/statyi/lamel-i-oblicovochniy-schit-primenyaemoe-oborudovanie>.
3. Глебов И. Т. Резание древесины [Текст]: учеб. пос. / Иван Тихонович Глебов – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 256 с. – ISBN 978-5-8114-0996-9.
4. Глебов И. Т. Расчет режимов фрезерования торцевой фрезой [Электронный ресурс] / Иван Тихонович Глебов // Лесной вестник. – 2007. – №1. – С. 71–74. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=9957401>.
5. Герман-Галкин С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК [Текст] / Сергей Германович Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с. – ISBN 978-5-903383-39-9.
6. Єрмолаєв Ю. О. Визначення параметрів асинхронних двигунів з побудовою статичних характеристик для приводів фрезерувального верстата СФ-АСТРА-РК8 [Текст] / 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.

### T. Rudenko

*Kirovograd National Technical University, Kirovograd*

#### Model systems of electric drives woodworking machine

The purpose of work is analytical determination disturbing influences on the milling drive from cutting unit and comparison reactions the stator current of the model and the real oscillograms during giving static moment.

The creating mathematical and simulation models of control objects and studying their response to perturbations is an important step in the design of control systems. This paper presents computation of the mathematical model of the woodworking machines electric drives load. The simulation model was constructed on the basis of the equations using computer software, allowing explore the reaction of electric drives on changes wooden workpieces parameters. The oscillograms of stator current an asynchronous motor of milling cutter, obtained by simulation and by result of natural tests are shown.

Thus the model obtained by the proposed method allows determine the load on the cutters drive. Using this load in simulation model of the system causes a change in the stator current engine, similar to the reaction in real drive.

**wood processing, electric drive, static moment, modelling**

Одержано 15.04.13

**УДК 622.648.621.876.7**

**О.Г.Собінов, ас.**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Побудова спрощеної математичної моделі для автоматизованої системи управління баштовою сушаркою**

У статті запропоновано спрощену математичну модель сушіння зерна, яка визначає швидкість пересування вертикального зернового шару у баштовій сушарці.

**швидкість пересування зернового шару, автоматизована система управління, баштова сушарка, математична модель**

**А.Собинов**

*Кіровоградский национальный технический университет*

**Построение упрощенной математической модели для автоматизированной системы управления башенной сушилкой**

В статье предлагается упрощенная математическая модель сушки зерна, которая определяет скорость передвижения вертикального зернового слоя в башенной сушилке.

**скорость передвижения зернового слоя, автоматизированная система управления, башенная сушилка, математическая модель**

Процес сушіння є одним з найважливіших і найпотрібніших елементів у виробництві зернових, олійних та бобових культур, без якого неможливо забезпечити кондиційну вологість зернового матеріалу і, відповідно його довготривале зберігання, збереження харчових та посівних властивостей.

Системи управління більшості сушарок забезпечують напів ручний режим керування – виведення на режим оператором вручну і подальше підтримання цього режиму автоматикою. При цьому зростають вимоги до кваліфікації оператора та виникають втрати якості зерна. Тому потрібні сушарки у яких система управління забезпечувала б автоматичний вихід на потрібний режим сушіння при будь яких початкових даних.

Стан зернової маси характеризується вологістю, засміченістю і температурою. У процесі сушіння слід контролювати вологість, температуру зерна, схожість (для посівного зерна), кількість і якість клейковини (для пшениці) і інші показники, які залежать від температури нагрівання зерна, швидкості та тривалості сушіння.

Цю потребу задовольняє баштова сушарка виробництва фірми “Астра” м.Кіровограда [6]. Основною властивістю цієї конструкції сушарки є сушіння зерна в потоці. Зерно нагрівається у поперечному потоці гарячого повітря(агента) при його русі