



ISSN 1311-0829

ГОДИШНИК НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-СОФИЯ

Том 65, книга 1, 2015

МЕЖДУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЯ АВТОМАТИКА'2015, ФА
ФАКУЛТЕТ АВТОМАТИКА
юбилей "70 ГОДИНИ ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-СОФИЯ"
05 - 07 юни 2015 г., Созопол, България



PROCEEDINGS OF TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA

Volume 65, Issue 1, 2015

INTERNATIONAL CONFERENCE AUTOMATICS'2015, FA
FACULTY OF AUTOMATICS
Anniversary "70 YEARS TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA"
June 05 - 07, 2015, Sozopol, Bulgaria

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

главен редактор

проф. дтн Емил НИКОЛОВ

зам. главен редактор

проф. дтн Елена ШОЙКОВА

членове

проф. дтн Георги ПОПОВ

проф. дтн Иван КОРОБКО

проф. дфн Иван УЗУНОВ

проф. дтн Иван ЯЧЕВ

проф. дтн Кети ПЕЕВА

проф. дтн Ганчо БОЖИЛОВ

проф. д-р Бончо БОНЕВ

проф. д-р Евелина ПЕНЧЕВА

проф. д-р Иво МАЛАКОВ

проф. д-р Младен ВЕЛЕВ

проф. д-р Огнян НАКОВ

секретар-организатор

инж. Мария ДУХЛЕВА

EDITORIAL BOARD

Editor -in -Chief

Prof. D.Sc. Emil NIKOLOV

Editor -in -Vice -Chief

Prof. D.Sc. Elena SHOYKOVA

Editors

Prof. D.Sc. Georgi POPOV

Prof. D.Sc. Ivan KOROBKO

Prof. D.Sc. Ivan UZUNOV

Prof. D.Sc. Ivan YACHEV

Prof. D.Sc. Keti PEEVA

Prof. D.Sc. Gantcho BOJILOV

Prof. Ph.D. Boncho BONEV

Prof. Ph.D. Evelina PENCHEVA

Prof. Ph.D. Ivo MALAKOV

Prof. Ph.D. Mladen VELEV

Prof. Ph.D. Ognyan NAKOV

Organizing Secretary

Eng. Maria DUHLEVA

Технически университет-София
София 1000, бул. "Кл. Охридски" 8
България <http://tu-sofia.bg>

Technical University of Sofia
Sofia, 1000, boul. Kliment Ohridski 8
Bulgaria <http://tu-sofia.bg>



© Технически Университет-София
© Technical University of Sofia
All rights reserved

ISSN 1311-0829

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ

ФАКУЛТЕТ АВТОМАТИКА

форум

„ДНИ НА НАУКАТА НА ТУ-СОФИЯ“ Созопол'2015
юбилей “70 ГОДИНИ ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-СОФИЯ“

МЕЖДУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЯ АВТОМАТИКА'2015, ФА

Созопол 05.06. - 07.06.2015

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ

почетен председател

Емил Николов (BG)

председател

Нина Николова (BG)

членове

Петко	Петков	(BG)	Хасан	Абуайса	(FR)
Тодор	Йонков	(BG)	Даниел	Жоли	(FR)
Снежана	Йорданова	(BG)	Жил	Гонкалвес	(FR)
Валери	Младенов	(BG)	Иван	Калайков	(SE)
Емил	Гарипов	(BG)	Николай	Христов	(FR)
Пламен	Цветков	(BG)	Стефан	Козак	(SK)
Ташо	Ташев	(BG)	Алена	Козакова	(SK)
Живко	Георгиев	(BG)	Васил	Гълъбов	(BG)
Михо	Михов	(BG)	Снежана	Терзиева	(BG)
Костадин	Брандиски	(BG)	Теофана	Пулева	(BG)

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

председател

Александър Ишев

зам. председател

Антония Панделова

членове

Симона Филипова-Петракиева

Евтим Йончев

Цоньо Славов

Станислав Енев

ТЕХНИЧЕСКИ КОМИТЕТ

координатор

Антония Панделова

системен администратор

Александър Маринчев

Георги Ценов

организационен секретар

Мария Духлева

TECHNICAL UNIVERSITY - SOFIA

FACULTY OF AUTOMATICS

Forum

„DAYS OF SCIENCE OF TU-SOFIA“ Sozopol'2015
Anniversary “70 YEARS TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA“
FACULTY OF AUTOMATICS

INTERNATIONAL CONFERENCE

AUTOMATICS'2015, FA

June 05 - 07, 2015, Sozopol, Bulgaria

PROGRAM COMMITTEE

honorable chair of PC

Emil Nikolov (BG)

chair of PC

Nina Nikolova (BG)

members of PC

Petko	Petkov	(BG)	Hassane	Abouaïssa	(FR)
Todor	Ionkov	(BG)	Daniel	Jolly	(FR)
Snejana	Yordanova	(BG)	Gilles	Gonçalves	(FR)
Valeri	Mladenov	(BG)	Ivan	Kalaykov	(SE)
Emil	Garipov	(BG)	Nicolai	Christov	(FR)
Plamen	Tzvetkov	(BG)	Stefan	Kozak	(SK)
Tasho	Tashev	(BG)	Alena	Kozáková	(SK)
Jivko	Georgiev	(BG)	Vasil	Galabov	(BG)
Mikho	Mikhov	(BG)	Snejana	Terzieva	(BG)
Kostadin	Brandisky	(BG)	Teofana	Puleva	(BG)

ORGANIZING COMMITTEE

chair of OC

Alexandar **Ichtev**

vice chair of OS

Antonia **Pandelova**

members of OC

Simona **Filipova-Petrakieva**

Evtim **Jonchev**

Tsonio **Slavov**

Stanislav **Enev**

TECHNICAL COMMITTEE

coordinator

Antonia **Pandelova**

system administrator

Alexandar **Marinchev**

Georgi **Tsenov**

organizing secretary

Maria **Duhleva**

АЛГОРИТЪМ ЗА СЪГЛАСУВАНЕ НА ЗАДВИЖВАНИЯТА НА ФРЕЗОВИ МАШИНИ С ЦИФРОВО-ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ

Марин Жилевски, Михо Михов

Резюме: В статията се описва алгоритъм за съгласуване на задвижванията на фрезови машини с цифрово-програмно управление. На базата на специализиран софтуер е разработен геометричен модел на обработвания детайл, генерирана е траекторията на използвания инструмент, формиран е необходимия код за машината и получената програма е въведена във фрезата за изпълнение. Представени са конкретни примери, илюстриращи практическото приложение на предложения алгоритъм. Проведените изследвания и получените резултати може да се използват при настройката на разглеждания клас металообработващи машини.

Ключови думи: фрезови машини, геометричен модел, съгласуване на задвижвания

ALGORITHM FOR COORDINATION OF DRIVES IN MILLING MACHINES WITH DIGITAL PROGRAM CONTROL

Marin Zhilevski, Mikho Mikhov

Abstract: An algorithm for coordination of drives in milling machines with digital program control has been described in this paper. Based on specialized software a geometrical model of the processed workspace has been developed, trajectory of the used tool has been generated, the necessary code for the machine has been formed and the developed program has been input into the milling machine for execution. Actual examples have been presented illustrating practical implementations of the offered algorithm. Studies carried out and the results obtained can be used in setting of the considered class of machine tools.

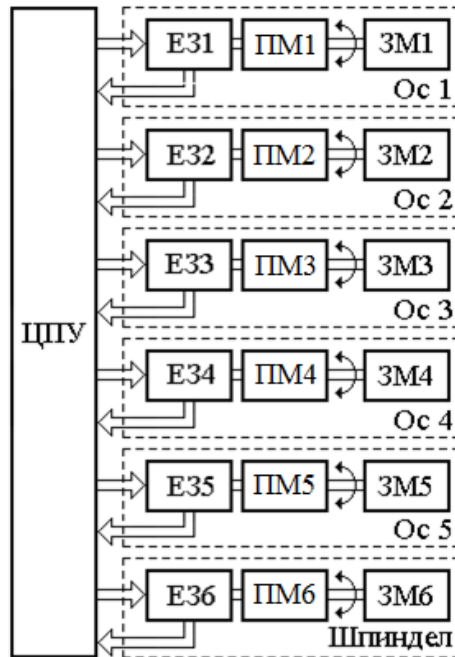
Keywords: milling machines, geometrical model, coordination of drives

1. Въведение

С цел модернизация на клас фрезови машини са въведени две допълнителни, управляеми оси. В резултат на това е осигурена по-висока производителност и възможност за обработка на детайли със сложна геометрична форма, към които има високи изисквания за точност, успоредност и перпендикулярност.

С добавянето на двете координати, машината от разглеждания клас с многокоординатна система за електрозадвижване, е съставена от пет подавателни оси и шпиндел. Блоквата схема на такава система е показана на фиг. 1, като използ-

ваните означения са: ЦПУ – устройство за цифрово-програмно управление; E31 – електрозадвижване на координатна ос x ; E32 – електрозадвижване на координатна ос y ; E33 – електрозадвижване на координатна ос z ; E34 – електрозадвижване на четвъртата координатна ос, осъществяваща ъглово позициониране; E35 – електрозадвижване на петата координата, която реализира движение по наклон на детайла; E36 – електрозадвижване на шпиндела; ПМ1 ÷ ПМ6 – предавателни механизми за съответните оси и шпиндела; ЗМ1 ÷ ЗМ6 – задвижвани механизми за съответните оси и шпиндела.



Фиг.1. Блокова схема на многокоординатната система за електрозадвижване.

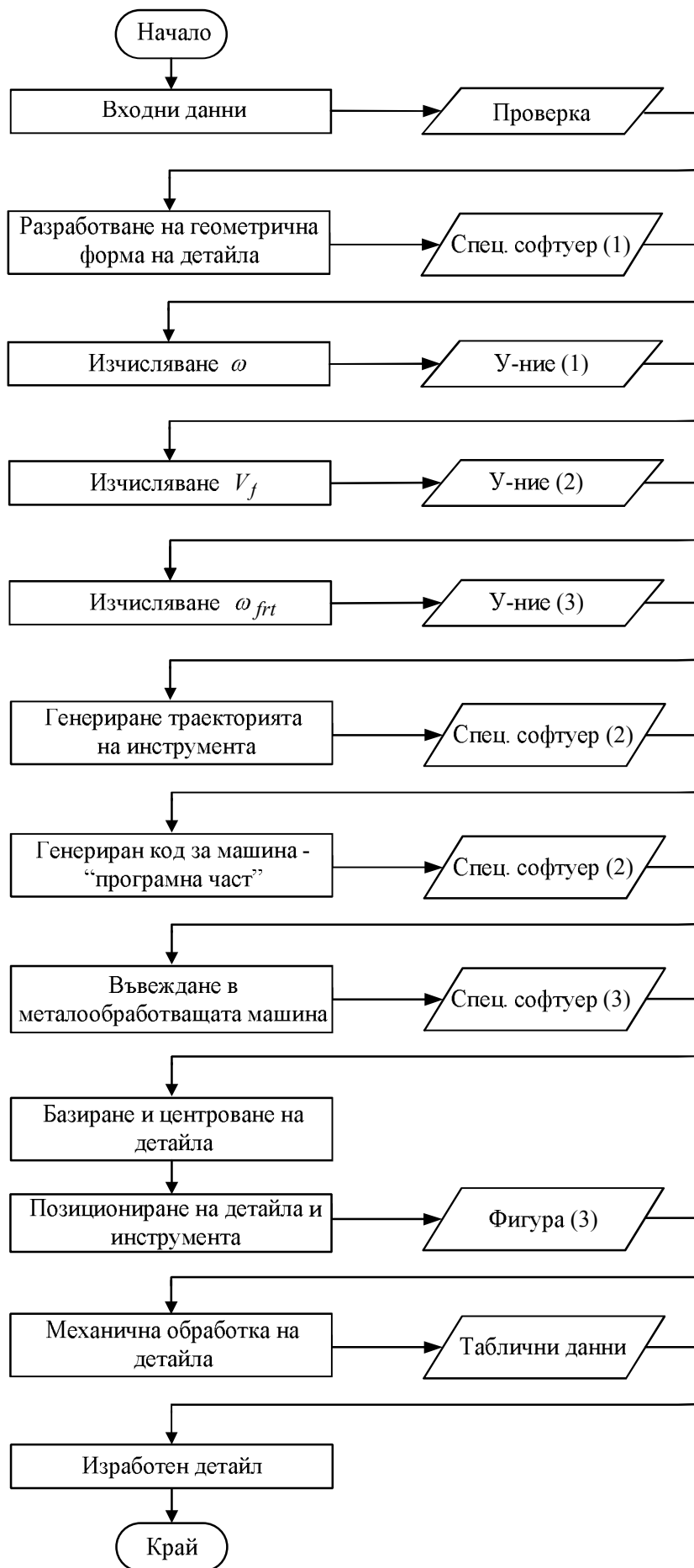
Изследвания свързани с многокоординатната машина от разглеждания клас [1] са представени в [2] – [6].

При практическото използване на фрезовите машини от съществено значение е да бъде извършено прецизно съгласуване на използваните системи за електрозадвижване.

Основните изисквания, които трябва да бъдат отчетени при разработването на алгоритъма за съгласуване на задвижванията са следните: проверка на използваната многокоординатна система за електрозадвижване за възможността за механична обработка на зададения детайл; осигуряване на максимално бързодействие с използване на подходящи движения и алгоритми; отчитане на работните ходове на машината; избор на инструмент и скорост на рязане.

2. Особенности на алгоритъма за съгласуване на електрозадвижванията

Блокова схема на разработения алгоритъм е представена на фиг.2, където използваните означения са следните: ω - скорост на шпиндела при фрезване; V_f - скорост на подаване при линейно движение; ω_{frt} - скорост на подаване при осите свързани с въртящата се маса.



Фиг.2. Блокова схема на алгоритъма за съгласуване на задвижванията.

Като входни данни се въвеждат: вид механична обработка и тип на материала; данни свързани с детайла – габаритни размери и диаметър на отворите; параметри на инструментите, които ще извършва механичната обработка.

След въвеждане на входните данни се извършва проверка на параметрите на металообработващата машина по следната последователност: отчитат се работните ходове на фрезата спрямо габаритните размери на обработвания детайл; сравняват се параметрите на внедрената многокоординатна система за електрозадвижване с изчислената, получена на базата на разработените методики за главно и подавателни електрозадвижвания, представени в [5] и [6].

Използваните в алгоритъма специализирани софтуерни продукти се отнасят до: разработване на геометричен модел на детайла; генериране траекторията на инструмента и „програмната част“ на машината; въвеждане в металообработващата машина.

Скоростта на шпиндела се изчислява със следното уравнение [7]:

$$\omega = \frac{V_c \times 2}{D_{c \max}} \quad (1)$$

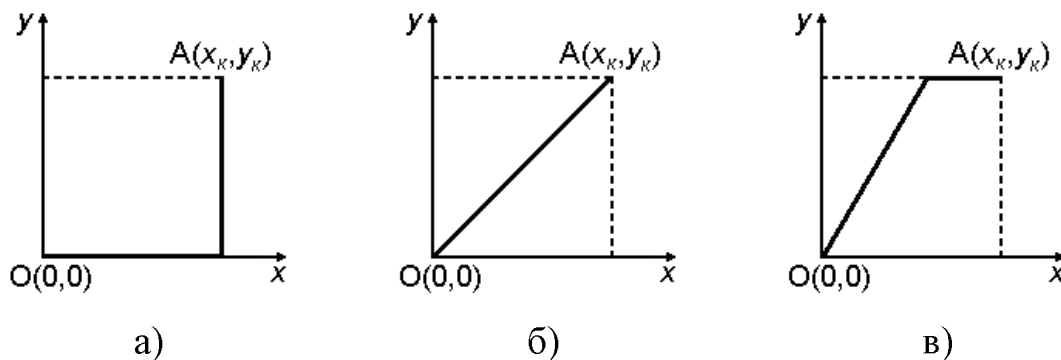
Скоростта на подаване на задвижвания механизъм при механична обработка на линейна координатна ос се определя посредством израза [7]:

$$V_f = \frac{f_z \times \omega \times z}{2 \times \pi} \quad (2)$$

Скоростта на подаване на задвижвания механизъм при фрезване при въртяща се ос, се определя по следния начин [7]:

$$\omega_{fzt} = \frac{f_z \times \omega \times z}{\pi \times D_{rt}} \quad (3)$$

Следващата стъпка от алгоритъма е базирането, центроването на обработвания детайл и съобразяване с координатите на машината.



Фиг.3. Движение при различни алгоритми за позиционно управление.

Позиционирането на детайла и инструмента се осъществява посредством подходящи алгоритми за двукоординатно позиционно управление [3], представени

на фиг.3, с което се обезпечават изискваните показатели точност, бързодействие и производителност.

Последната стъпка от разработения алгоритъм е извършването на фрезовата операция и получаване на изработения детайл.

3. Практическо приложение на алгоритъма

Практическото приложение на алгоритъма от фиг.2, е илюстрирано посредством разработване на детайли в два варианта: без използване на въртяща се маса и с използване на въртяща се маса.

3.1. Машинна обработка без използване на въртяща се маса

Представеният пример се отнася за механична обработка на детайл без използване на въртяща се маса, с приложение - „пулт за управление“ за машина от разглеждания клас. Следователно скоростта на подаване за въртящата се ос в този случай е $\omega_{fzt} = 0$.

Въведените входни данни са следните: вид обработван материал – алуминиева сплав; данни свързани с детайла: габаритни размери – 0.185 m x 0.520 m x 0.003 m; диаметри на отворите - $\varnothing 0.0032$ m , $\varnothing 0.0042$ m , $\varnothing 0.008.4$ m, $\varnothing 0.0016$ m, $\varnothing 0.030$ m, $\varnothing 0.061$ m; вид механична обработка – фрезоване и пробиване; диаметри на инструментите участващи в разработването на пулта (D_c) – $\varnothing 0.003.2$ m, $\varnothing 0.004.2$ m, $\varnothing 0.008$ m, $\varnothing 0.008.4$ m, $\varnothing 0.0016$ m.

След извършена проверка на базата на разработените методики, използваните електрозадвижвания удовлетворяват необходимите изисквания за механична обработка и имат следните номинални параметри на двигателите: $M_f = 3.5$ Nm, $\omega_f = 209.34$ rad/s - за подавателните електрозадвижвания; $P_{nom} = 6$ kW, $\omega_f = 209.34$ rad/s - за главното електрозадвижване.

Следващата стъпка от представения алгоритъм е разработването на геометричен модел на детайла, представен на фиг. 4a чрез използване на специализиран софтуер – в случая AUTOCAD 2009.

Описанията, които ще бъдат направени в следващите стъпки от алгоритъма се отнасят до оформяне на габаритните размери на детайла с процес на фрезоване и диаметър на инструмента $D_c = 0.008$ m.

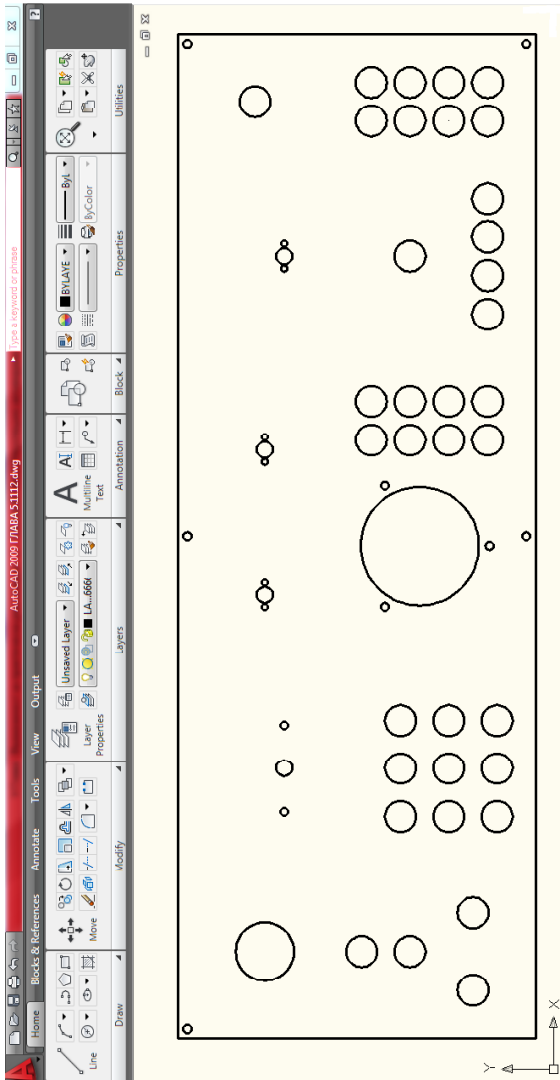
Генерирането на коректна „програмна част“ за машината изисква изчисляването на:

- скоростта на шпиндела:
$$\omega = \frac{V_c \times 2}{D_c} \approx 102.05 \text{ rad/s} \approx 975 \text{ rev/min} ;$$

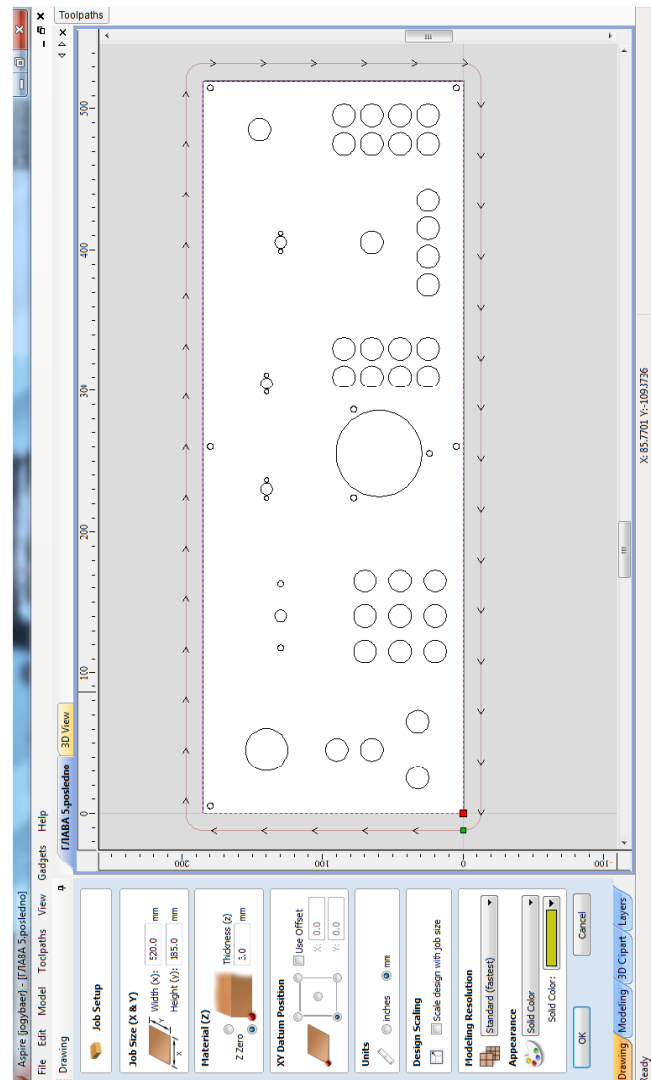
- скоростта на подаване:
$$V_f = \frac{f_z \times \omega \times z}{2 \times \pi} \approx 0.015 \text{ m/s} \approx 900 \text{ mm/min} .$$

Разработения в AUTOCAD модел се въвежда в специализиран софтуер, като в случая това е ASPIRE VECTRIC. За генериране траекторията на инструмента се преминава през няколко последователни етапа, които се изискват от използва-

ната програма: 1. Задават се вида на обработвания материал и габаритните му размери; 2. Задават се вида на операцията и параметрите на инструмента; 3. Избира се желания контур, който ще се обработва; 4. Задава се команда за генериране на траектория на инструмента; 5. генериране на траектория на инструмента, показана на фиг. 4.б с червена линия.



а)



б)

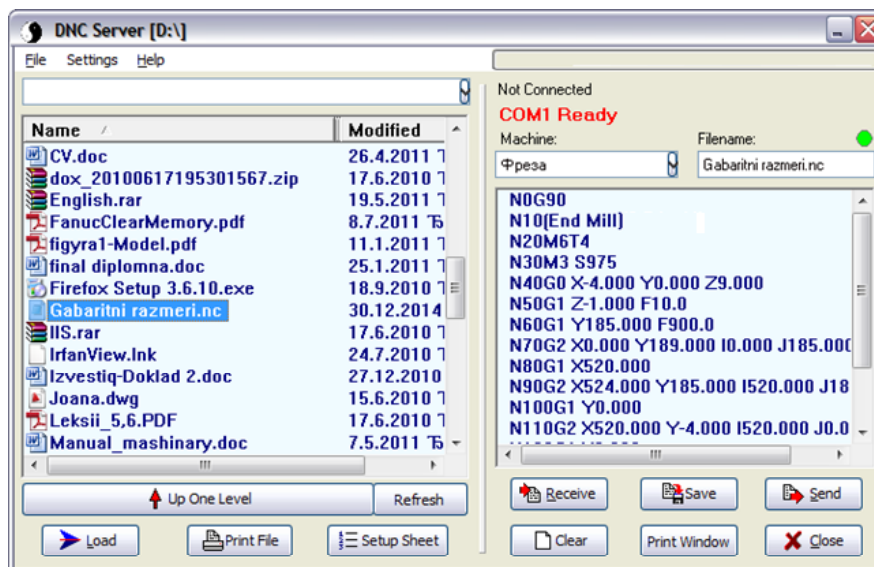
Фиг.4. Геометричен модел на детайла и генерирана траектория на инструмента.

След извършване на необходимите стъпки, програмата ASPIRE VECTRIC генерира необходимия код за фрезова обработка на подходящ машинен език, наречен „програмна част“, който описва траекторията на инструмента и има следния вид:

```
N0G90
N10(End Mill)
N20M6T4
N30M3 S975
N40G0 X-4.000 Y0.000 Z9.000
N50G1 Z-1.000 F10.0
```

N60G1 Y185.000 F900.0
 N70G2 X0.000 Y189.000 I0.000 J185.000
 N80G1 X520.000
 N90G2 X524.000 Y185.000 I520.000 J185.000
 N100G1 Y0.000
 N110G2 X520.000 Y-4.000 I520.000 J0.000
 N120G1 X0.000
 N130G2 X-4.000 Y0.000 I0.000 J0.000
 N140G0 Z9.000
 N150M30

На базата на представения на фиг.5 специализиран софтуер, генерираната програмна част се въвежда в паметта на металообработващата машина.



Фиг.5.Софтуер за въвеждане на „програмната част“.

На фиг.6.а е илюстрирано позиционирането на инструмента, а на фиг.6.б е показан процесът на механична обработка на разработения детайл със зададените параметри, извършвана от фрезова машина на разглеждания клас.

След въвеждане на програмата в фрезовата машина, се извършва базиране, центроване на детайла и последвалата механична обработка до получаване на желания контур.



а)



б)

Фиг.6. Процеси на позициониране на инструмента и фрезване.

След оформяне на габаритните размери аналогично се преминава през същите етапи от алгоритъма, за да бъдат получени необходимите отвори за монтаж на пулта, бутони, галетни превключватели, импулсен генератор и аварийен стоп. Изработената заготовка е внедрена като „пулт за управление“ при разработване на машина от представения клас. На фиг.7 е показано практическото приложение на този пулт с монтирани всички необходими елементи.



Фиг.7. Изработеният „Пулт за управление“ с монтираните на него елементи.

3.2. Машинна обработка с използване на въртяща се маса

С добавянето на масата се увеличава точността, бързодействието и производителността на машината. Осигурява се възможност за обработка на детайли със сложна форма и постигане на параметри като перпендикулярност и успоредност, които не биха се получили без допълнителните автоматизирани координатни оси.

С добавянето на въртящата се маса, многокоординатната система за електрозадвижване на разглеждания клас фрезови машини, отговаря на представената на фиг.1 блокова схема.

Представени са два конкретни примери за механична обработка на детайли с използване на въртяща се маса. Тяхното предназначение е във валове с едноходова и двуходова резба със стъпка 15 mm. За извършване на механичната обработка се преминава през следните няколко етапа:

1. Позициониране на детайла със системата за двукоординатно електрозадвижване x - y .
2. С координатна ос z , инструмента се позиционира на подходящо място за извършване на механичната обработка.
3. С използване на наклона на въртящата се маса, заготовката се позиционира перпендикулярно на инструмента.

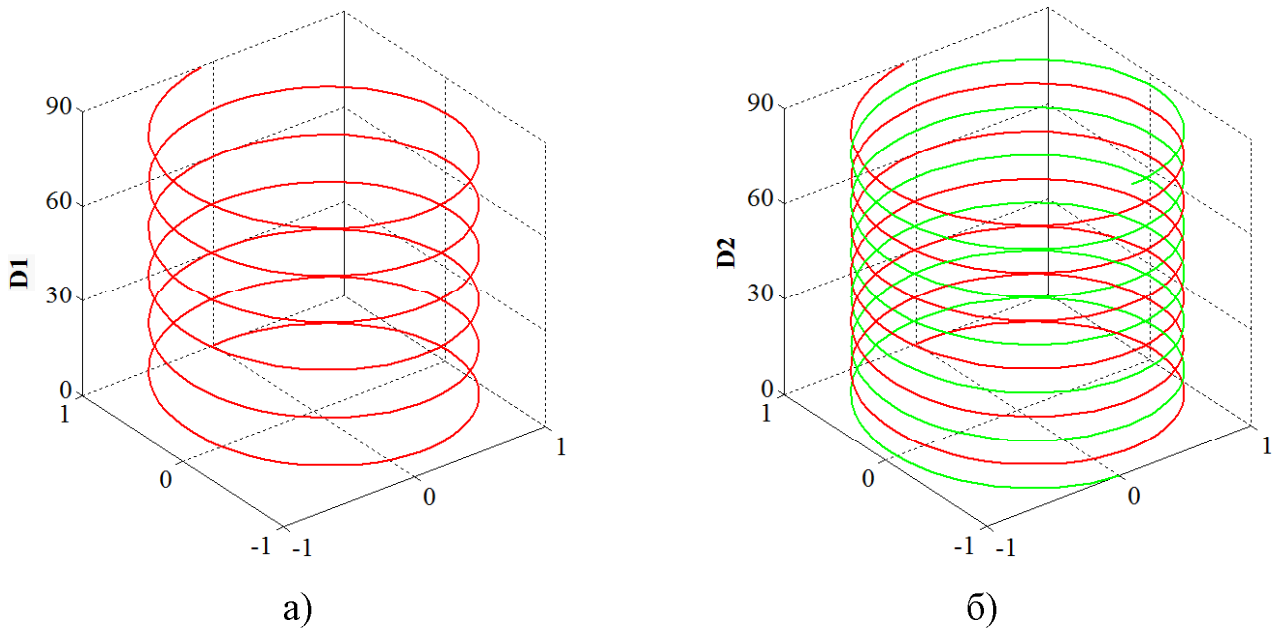
На фиг.6.б е представен позиционирания детайл върху въртящата се маса преди извършване на фрезовата операция.

4. Задават се пресметнатите скорост на шпиндела и скоростта на подаване.
5. Генерира се траекторията на инструмента за двата детайла.

На фиг.8.а с червена линия е представена описваната траектория на движение от инструмента при разработването на едноходовата резба, където D1 – обработваемата част от първия детайл. На фиг.8.б е представена описваната траектория на движение от инструмента при разработването на двуходовата резба,

където D2 – обработваемата част от втория детайл. С червена линия е представена единия ход от резбата, а със зелена – втория ход, като неговото начало е дефазирано на 180° от първата част.

б. Осъществяване на фрезовата операция със зададена скорост на вретеното и използване на координатните оси x и въртящата маса, извършваща ъглово преместване на детайла.



Фиг.8. Траектории на движение на инструмента.

На фиг.9 са представени изработените детайли след извършване на механична обработка. На фиг.9.а е представен изработения детайл с едноходова резба, а на фиг.9.б е представен изработения детайл с двуходова резба, като двата хода са дефазирани на 180° .

Практическото приложение на изработваните заготовки е в червячен винт и сачмено винтова двойка, използвани като механични предавки в подавателните електродвигатели. С използване на двуходова резба се осигурява по-добра точност и водене между механичните елементи.



a)



б)

Фиг.9. Изработени детайли с едноходова резба и с двуходова резба.

4. Заключение

Формулирани са изискванията, които трябва да бъдат отчетени при съгласуване на електрозадвижванията на фрезови машини с цифрово-програмно управление. Предложен е алгоритъм за координиране на съответните движения, при който се отчитат специфичните особености на технологичния процес, вида на обработвания материал, параметрите на използвания инструмент, механичната предавка и други фактори. На базата на специализиран софтуер се разработва геометричен модел на изработвания детайл, генерира се траекторията на инструмента, формира се необходимия код за машината и получената програма се въвежда във фрезата за изпълнение.

Представени са конкретни примери за практическо приложение на разработения алгоритъм, с изработка на детайли без използване и с използване на въртяща се маса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Жилевски, М., Някои проблеми при модернизацията на един клас фрезови машини, *Годишник на Технически университет - София*, т. 63, №. 2, 99-106, София, 2013, ISSN 1311-0829
- [2] Михов, М., М. Жилевски, Възможности за подобряване на показателите на позиционно електрозадвижване за фрезови машини, *Годишник на Технически университет - София*, т. 62, №. 2, 269-278, София, 2012, ISSN 1311-0829
- [3] Mikhov, M., M. Zhilevski, Computer Simulation and Analysis of Two-coordinate Position Electric Drive Systems, *Proceedings of the International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies*, pp. 251-254, V. Tarnovo, 2012, ISBN 978-619-167-002-4
- [4] Mikhov, M., M. Zhilevski, Performance Improvement of a Type of Milling Machines, *Proceedings of the International Conference "Research and Development in Mechanical Industry"*, Vol. 1, pp. 218-227, Kopaonik, Serbia, 2013, ISBN 978-86-6075-042-8
- [5] Mikhov M., M. Zhilevski, Methodology for Selection of Spindle Drives for Milling Machines, *International Journal Of Engineering And Computer Science*, Vol. 3, No. 5, pp. 5948-5953, 2014, ISSN:2319-7242
- [6] Жилевски, М., М. Михов, Методика за избор на подавателни задвижвания за фрезови машини, *Годишник на Технически университет - София*, т. 64, №. 1, 41-48, София, 2014, ISSN 1311-0829
- [7] Sandvik Coromant, *Metalcutting Technical Guide: Turning, Milling, Drilling, Boring, Toolholding*, Sandvik, 2005

Автори: Марин Милков Жилевски, ас. маг. инж., катедра „Автоматизация на електрозадвижванията”, ФА, Технически Университет - София, E-mail adress: electric_zhilevski@abv.bg; Михо Рачев Михов, проф. д-р инж., катедра „Автоматизация на електрозадвижванията”, ФА, Технически Университет - София, E-mail adress: mikhov@tu-sofia.bg.

Постъпила на 15.05.2015 г.

Рецензент доц. д-р Константин Павлитов