

СИМУЛАЦИОННО ИЗПИТВАНЕ НА ЗАВАРЪЧЕН РОТАТОР

Галина Младенова Петкова

gpetkova@vtu.bg

**ВТУ “Тодор Каблешков”
1574 София, ул. Гео Милев 158
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: заваръчен ротатор, динамичен модел, машинен агрегат.

Резюме: В доклада са представени резултатите от симулиране на работата на заваръчен ротатор, с цел да се установят преходните процеси при функционирането му. Симулацията е извършена на базата на динамичен модел на ротатора, представен като машинен агрегат в среда на програмен продукт SIMULINK.

ВЪВЕДЕНИЕ

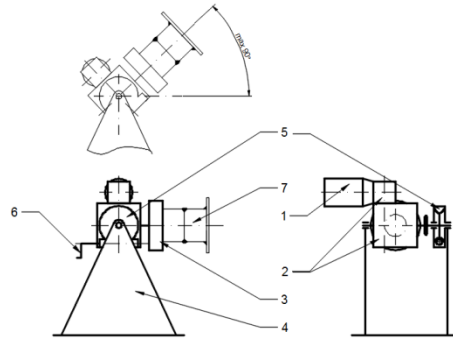
Автоматизацията на заваръчните процеси е важен етап от съвременно производство. В момента в много отрасли на индустрията съществуват различни средства за механизация и автоматизация, които работят в полуавтоматичен или автоматичен режим.

Развитието на средствата за механизация, автоматизация и роботизация на заваръчните процеси е особено актуално за заваръчното производство у нас и в световен мащаб[1]. Едни от основните предимства на механизираното и автоматизираното или роботизираното заваряване са:

- Увеличаване на производителността чрез повишаване на скоростта на заваряване и количеството на наварения метал.
- Постигане на постоянно и стабилно качество и повтаряемост на размерите на заваръчните шевове, чрез контрол на параметрите на заваръчния режим, а от там контрол върху енергията на заваряване.
- Ограничаване на влиянието на субективния фактор върху процесите на заваряване и наваряване, оптимизиране на разходите за обучение и квалификация на персонала.
- Усъвършенстване и оптимизиране на пренасянето на електродния метал, с цел избягване на образуването на пръски, с което се намаляват операциите по почистването им.

Заваръчният ротатор (фиг.1) е модул предназначен за автоматизирана процесите на заваряване и наваряване на ротационни детайли и често се използва самостоятелно и в състава на специализирани заваръчни машини и роботизирани комплекси [2,3, 4]. Ротационният детайл 7, подлежащ на заваряване (наваряване) е закрепен към въртяща маса 3, посредством универсален патронник. Задвижва се от

електродвигател 1, чрез двустепенен червячен редуктор 2. Детайлът 7 може да се постави в предписаното от технологията пространствено положение, чрез ръчно задвижване 6 и червячна предавка 5.

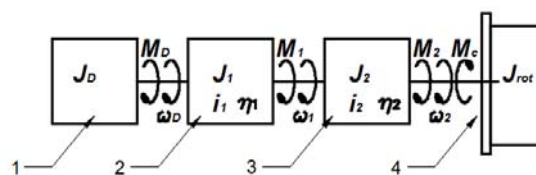


Фиг.1. Заваръчен ротатор – принципна схема

ДИНАМИЧЕН МОДЕЛ

Целта на симулационното изпитване на заваръчния ротатор е да се установи влиянието на инерционните характеристики на различни детайли, както и на различни скоростни характеристики на двигателите върху преходните процеси (до достигане на зададена скорост) при работата на ротатора. Изследването на преходните процеси е извършено по метода на динамичното моделиране[5].

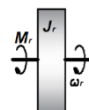
Заваръчният ротатор представлява машинен агрегат, като кинематичните връзки между елементите му могат да се илюстрират със структурна схема (фиг.2), в която са въведени следните означения: J_D , J_1 , J_2 , J_{rot} – съответно масовите инерционни моменти на електродвигателя за първа и втора степени на редуктора и въртящата се маса с детайла; M_D , M_1 , M_2 – съответно въртящите моменти на вала на електродвигателя, на изходящите валове на първата и втората степени на редуктора; ω_D , ω_1 , ω_2 – съответно ъгловите скорости на вала на електродвигателя, на изходящите валове на първата и втората степени на редуктора; η_1 , η_2 – коефициентите на полезно действие съответно на първа и втора степени на редуктора; i_1 , i_2 – предавателните числа съответно на първа и втора степени на редуктора; M_c – съпротивителен момент на въртящата маса.



Фиг.2. Машинен агрегат – структурна кинематична схема:

1- електродвигател; 2- първостепен на редуктора; 3- втора степен на редуктора; 4- въртяща маса с детайл.

При спазване на условието за динамична еквивалентност[6,7] (еднаквост на кинетичните енергии на оригинала и модела) представения на фиг. 2 машинен агрегат може да се замени с едномасов динамичен модел с една степен на свобода (фиг.3). За реперен вал е избран вала на въртящата маса, като към него са приведени масовите и силовите параметри на машинния агрегат.



Фиг.3. Динамичен модел на машинния агрегат, представляващ заваръчния ротатор

На фиг.3 са въведени следни означения: J_r - приведен масов инерционен момент, M_r - приведен въртящ момент, $\omega_r = \omega_2$ - реперна ъглова скорост.

1.Приведени величини

1.1.Приведен масов инерционен момент - J_r

$$(1) J_r = J_D i_1 i_2 + J_1 i_2 + J_2 + J_{rot}$$

1.2.Приведен въртящ момент - M_r

$$(2) M_r = M_D^r - M_c^r$$

където M_D^r е приведеният към реперния вал момент на двигателя, M_c^r - приведеният към реперния вал съпротивителен момент.

1.2.1.Приведен двигателен момент - M_D^r

Завъръчният ротатор се задвижва от синхронен електродвигател. Скоростната характеристика на този тип двигатели е близка до права линия и може да се апроксимира с полином от първа степен:

$$(3) M_D = p_1 \omega_D + p_2$$

Двигателният момент M_D се привежда към реперния вал:

$$(4) M_D^r = M_D i_1 i_2 \eta_1 \eta_2$$

След въвеждане на $i = i_1 i_2$; $\eta = \eta_1 \eta_2$ и като се вземе предвид, че $\omega_D = i \omega_r$, за приведения двигателен момент се получава:

$$(5) M_D^r = (p_1 i \omega_r + p_2) i \eta$$

Коефициентите p_1 и p_2 на полинома са определени, чрез апроксимиращата функция *polyfit* от програмния продукт MATLAB, като координатите на момента и ъгловата скорост са взети от скоростните характеристики, дадени в каталога на двигателя. Стойностите на p_1 и p_2 за различни типоразмери електродвигатели, както и стойностите на всички параметри на машинния агрегат са дадени в таблица 1.

1.2.2.Приведен съпротивителен момент – M_c^r

Приведеният съпротивителен момент е равен на съпротивителния момент при въртенето на въртящата маса. Той се създава:

- от триенето в лагера, а именно:

$$(6) M_c = \mu G \frac{d}{2}$$

където: μ е коефициент на триене в лагера; G – сила на тежестта на въртящата маса с детайла, създаваща радиален товар в лагера; d – среден диаметър на лагера.

- от ексцентрично разположен (с ексцентрицитет e до 0,1 m) центърът на тежестта на детайла спрямо оста на въртене. Следователно при въртене силата на тежестта G създава знакопроменлив съпротивителен въртящ момент:

$$(7) M_e = Ge \sin(\omega t)$$

Други сили създаващи значими съпротивителни моменти не могат да се определят, така че:

$$(8) M_c^r = M_c + M_e = \mu G \frac{d}{2} + Ge \sin(\omega t)$$

Като се имат предвид (5) и (8) се вижда, че приведеният момент M_r е кинематичен, т.е. зависи от ъгловата скорост на реперния вал:

$$(9) M_r = M_D^r(\omega_r) + M_c^r(\omega_r) = M_r(\omega_r)$$

2.Уравнение на движението на динамичния модел

Съгласно принципа на Д'Аламбер [8] уравнението на движението на динамичния модел на заваръчния ротатор е следното:

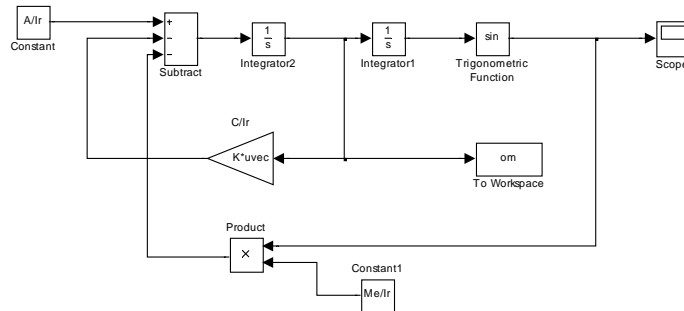
$$(10) J_r \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_r(\omega_r)$$

и като се има предвид, че целта на симулационното изпитване е да се изследва изменението на ъгловата скорост – уравнение (10) се представя по следния начин:

$$(11) J_r \frac{d\omega_r}{dt} = M_r(\omega_r)$$

СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ

Решенията на уравнение (11) даващи зависимостта $\omega_r = \omega_r(t)$ са получени, чрез съставянето на симулационен модел (фиг.4) с помощта на програмния продукт SIMULINK [9].



Фиг.4. Симулационен модел на заваръчния ротатор

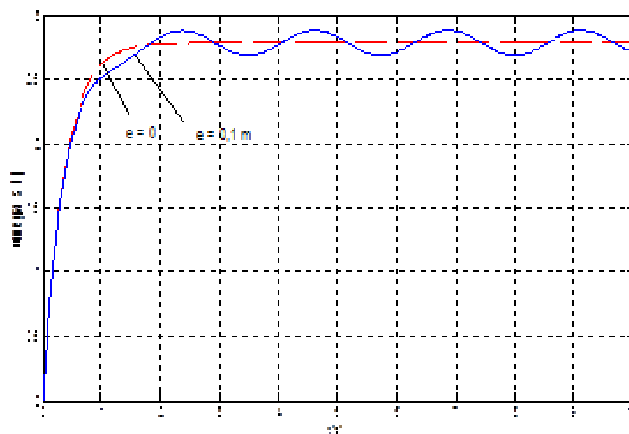
В таблица 1 са дадени стойностите на параметрите, участващи в уравненията на динамичния модел:

табл.1

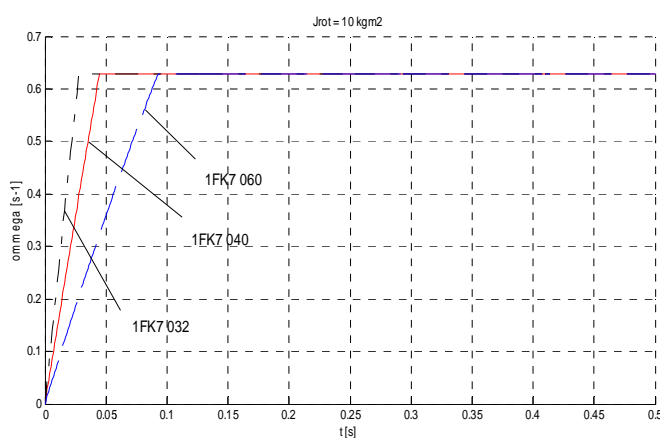
Параметър		Означение	Стойност	Размерност
Електродвигател – 1FK7 060	коэффициент на полинома	p_1	0,0043	-
	коэффициент на полинома	p_2	6	-
	масов инерционен момент	J_D	$10,2 \cdot 10^{-4}$	kgm^2
Електродвигател – 1FK7 040	коэффициент на полинома	p_1	0,0005	-
	коэффициент на полинома	p_2	3	-
	масов инерционен момент	J_D	$2,41 \cdot 10^{-4}$	kgm^2
Електродвигател – 1FK7 032	коэффициент на полинома	p_1	0,0005	-
	коэффициент на полинома	p_2	1,9	-
	масов инерционен момент	J_D	$0,69 \cdot 10^{-4}$	kgm^2
предавателно число на първа степен на редуктора		$i1$	20	-
предавателно число на втора степен на редуктора		$i2$	25	-
КПД на първа степен на редуктора		$\eta1$	0.80	-
КПД на втора степен на редуктора		$\eta2$	0.85	-
масов инерционен момент на първа степен на редуктора		$J1$	$0,8 \cdot 10^{-4}$	kgm^2
масов инерционен момент на втора степен на редуктора		$J2$	$19,9 \cdot 10^{-4}$	kgm^2
тегло на въртящата маса с детайла		G	1000	N
среден диаметър на лагера		d	0,1	m
коэффициент на триене в лагера		μ	0,015	-

СИМУЛАЦИОННО ИЗПИТВАНЕ

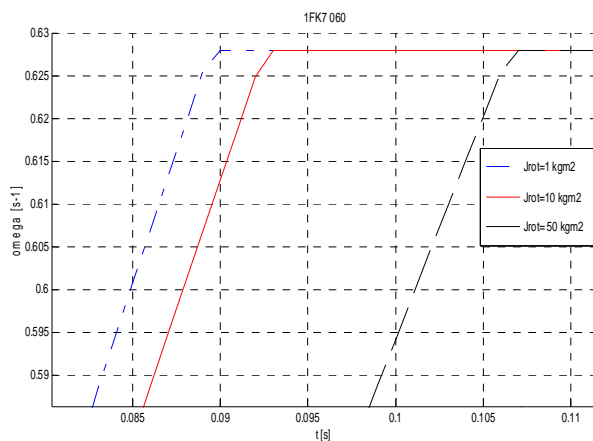
Симулационното изпитване е проведено, посредством симулационния модел (фиг.4), като са получени преходните режими при различни условия:



Фиг.5 Пълно развъртане с и без ексцентричност



Фиг.6. Развъртане до 6 min^{-1} ($0,63 \text{ s}^{-1}$), при различни двигатели



Фиг.7. Развъртане до 6 min^{-1} ($0,63 \text{ s}^{-1}$), при детайли с различни масови инерционни моменти

РЕЗУЛТАТИ И ИЗВОДИ

1. Разработен е динамичен модел на заваръчен ротатор
2. Разработен е симулационен модел за изпитване на заваръчния ротатор.
3. Проведено е симулационно изпитване при различни условия. Получените резултати дават възможност да се сравняват преходните процеси и да се прави оценка на влиянието на различните условия.
4. Създаден е симулационен модел за изпитване на заваръчен ротатор.

5. Необходимо е да се проведат натурни динамични изпитвания на заваръчния ротатор с цел да се верифицира динамичния модел.

6. След верификацията симулационният модел може да се използва в етапа разработване и проектиране на нови заваръчни ротатори с аналогична конструкция.

Литература:

[1] Христов Ст., Тенденции в развитието на заваръчната технология, V-Международен конгрес „Машини, Технологии и Материали ‘08”, Варна, 2008 год.

[2] Тонгов М., П. Ташев, Е. Василева. "Роботизирана линия за заваряване на ротационни детайли", Републикански симпозиум на тема: "Авангардни технологии в машиностроенето", Златни пясъци, 1985 год. НД II 10764, инв. НД 2652/86

[3] Ташев, П., Н.Кръстев, Н. Василева, М. Тонгов., "Двупозиционен заваръчен автомат за вграждане в роботизиран заваръчен комплекс за ротационни детайли", Трета международна младежка школа-симпозиум по тежко машиностроене, стр.11, Златни пясъци, 1986 год. НД II 11021, инв. НД 3566/86

[4] Ташев, П., М. Тонгов, Е. Василева., "Проблеми при изграждане на роботизирани линии на база на специализирани заваръчни машини", Юбилейна младежка научна школа с международно участие на тема: "Младежкият принос в обновлението на машиностроителното производство", стр.32, Елените, 1988 год. НД II 13039, инв. НД 3837/89

[5] BorisPetkov - "Dynamical modelling of the excavating chain of a ballast cleaning machine", International Journal of Engineering Research and Applications, Vol.5 – Issue 12, (Dec. – 2015), ISSN: 2248-9622

[6] Минчев Н., Живков В., Енчев К., Стоянов П. – Теория на машините и механизмите, „Техника”, София, 1991 г.;

[7] Патъв Д., Андонов А., - Теория на машините и механизмите, ВТУ ”Т. Каблешков”, София 2010 г.;

[8] Писарев А., Парасков Ц., Бъчваров С., - Курс по теоретична механика 2 част (Динамика), „Техника”, София, 1975 г.;

[9] Йордан Й., - Приложение на MATLAB в инженерните изследвания, РУ „А. Кънчев”, Русе, 2004 г.;

SIMULATION MODEL FOR TESTING WELDING ROTATOR

Galina Mladenova Petkova

gpetkova@vtu.bg

**Todor Kableshkov University of Transport
1574 Sofia, Geo Milev str. 158
BULGARIA**

Key words: *dynamic analysis, dynamic model, rotating welding machine*

Abstract: *The paper presents the results of simulating the operation of welding rotator in order to establish transitional processes in its functioning. The simulation was carried out based on a dynamic model of rotator presented as a machine aggregate in an environment of software SIMULINK*