



ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОПТИМАЛНИ МАХОВИ МАСИ ПРИ КОВАШКО-ПРЕСОВИ МАШИНИ

ESTIMATION OF OPTIMAL FLYWHEEL MASSES OF FORGING FLY-PRESSES

Свилен Рачев*

Технически университет - Габрово

Константинос Каракулидис

Технически университет - Габрово

Статията е постъпила на 01.10.2013 г.; приета за отпечатване на 14.10.2013 г.

Abstract

Paper deals with dynamic behavior of the forging fly-presses driven by induction motors. The static torque-speed characteristic of the induction motor has been used for the investigations done. Suitable software has been used for implementation of mathematical model of forging fly-press drive. Some of the study results have been presented graphically.

Keywords: forging fly-press; induction motor; electric drive; resisting moment.

ВЪВЕДЕНИЕ

Пресоването и коването са широко разпространени процеси при обработката на металите под налягане. За тази цел се използват различни видове преси и чукове. Като изходни материали при пресоването служат отливки или прокатни полуфабрикати [3].

Най-често за задвижване на пресите се прилагат асинхронни двигатели с накъсосъединен ротор с повишено хлъзгане, при които $s_n=7\div 12\%$, а в някои случаи достига до $s_n=15\%$, т.е. с "меки" (наклонени) механични характеристики $\omega=f(M)$. Освен това тези електродвигатели се отличават с относително висок пусков момент. Вследствие мекостта на механичната си характеристика електродвигателите с повишено хлъзгане значително намаляват скоростта си при ударното натоварване. Това позволява по-добре е да се използва маховикът при отдаване на натрупаната в него енергия.

Като основна цел пред настоящата работа се поставя следното: след разглеждане на особеностите на ковашко-пресовите машини реализация на компютърна програма за изследване на динамичното им поведение при задвижване с асинхронен двигател с накъсосъединен ротор, която да се прилага пряко в учебния процес. Това е във връзка с повсеместната ориентация понастоящем към енергийно-ефективни решения в индустрията.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Теоретични сведения

Ковашко-пресовите машини (КПМ) са предназначени за обработване на метали чрез деформация [1].

Съвременните преси работят на единичен, автоматичен и настройван режим на работа [4].

Едни от най-широко използваните са коляно-мотовилковите, наред с винтовите и хидравличните КПМ.

При тях въртеливото движение чрез коляно-мотовилков механизъм се преобразува в постъпателно движение.

Обикновено работната операция се извършва при завъртане на коляновия вал на ъгъл $\alpha=(0\div 30^\circ)$. Той се отчита в посока, обратна на посоката на скоростта ω на коляновия вал, а 0° съответства на крайно долно положение на плъзгача. При ъгъл $\alpha=(30\div 360^\circ)$ работа не се извършва, т.е. пресата работи на празен ход.

Ударният характер на съпротивителния момент води до ударно натоварване на електродвигателя – основна особеност в работата на КПМ. Изменението на съпротивителния момент често става с някаква периодичност, в която се редуват празен ход (изразходван за вдигане и спускане на ударния инструмент) и режим на работа – удар (натиск) върху изковката [3]. С цел да се изравни натоварването на електродвигателя за времето на цикъла, в кинематичната схема се поставя маховик с голям инерционен момент. При изпълнение на работната операция маховикът отдава част от своята кинетична енергия, като помага на електродвигателя да преодолее натоварването. По време на празния ход електродвигателят връща кинетична енергия на маховика (наново го зарежда), като го ускорява. По този начин натоварването на електродвигателя по време на удара се намалява, а през празния ход се увеличава, т.е. извършва се изглаждане на $Md = f(t)$.

Обобщено може да се каже, че при коляно-мотовилковите КПМ е характерно това, че по време на деформацията на метала основната работа се извършва не от електродвигателя, а от маховика.

От правилното избиране на пресата зависи безаварийната и качествената работа при висока производителност на процеса. Пресата се избира по силовите, кинематичните и енергийните параметри (сила, работа,

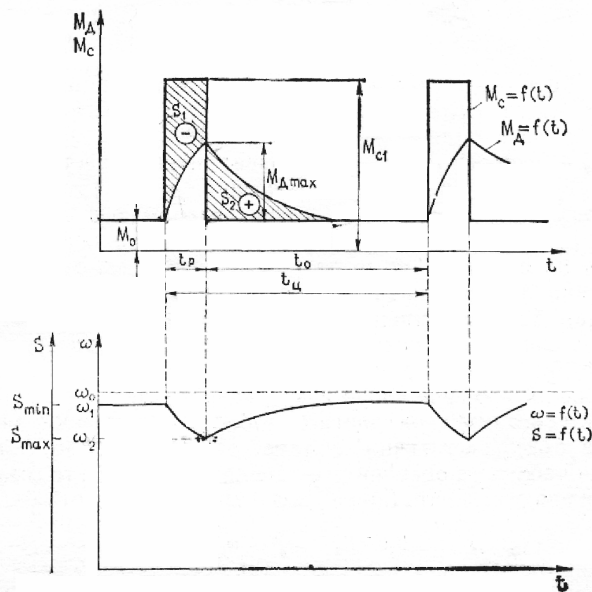
* Тел.: +359877168793; e-mail: sratchev@scientist.com

дължина на хода, закрыта височина, брой на ходовете и др.) и по размерите на плъзгача и масата [4]. При силово претоварване на пресата се предизвикват аварии, при енергийно претоварване – намаляване на производителността, а при едновременно силово и енергийно претоварване – заклиняване на плъзгача на пресата в долна мъртва точка.

На фиг. 1 е представена диаграма на работа на електрозадвижване на КПМ с ударно натоварване [1, 2]. С цел опростяване на разглеждането товарната диаграма е приета двустъпална и правоъгълна. Защрихованата част със знак “минус” съответства на отдадената от маховика енергия по време на работния период t_p , а със знак “плюс” – енергията, която електродвигателят отдава на маховика за неговото зареждане по време на празния ход t_0 . Обикновено частта от работата, която маховикът извършва, е по-голяма от тази на електродвигателя.

Чрез прилагането на маховик е възможно да се намали необходимата мощност на електродвигателя средно 6÷10 пъти в сравнение със случая на задвижване без маховик [2].

Определянето на оптимални махови маси и мощност на електрозадвижването има решаващо значение. При намаляване на маховите маси електродвигателят ще се претоварва по време на работната операция, а при увеличаване на маховите маси – по време на празен ход. Влияние оказва и съотношението между времената на работния и празния ход. При малко време на празния ход електродвигателят не успява да възстанови енергията на маховите маси и при следващия работен цикъл той ще се претовари.



Фиг. 1. Диаграма на работа на електрозадвижване на коляно-мотовилкова ковашко-пресова машина с ударно натоварване

Основните изисквания, които се предявяват към съвременните КПМ, са:

- висока производителност;
- сигурност;
- дълготрайност;
- висок к. п. д.;
- ниска цена;
- технологичност при изработването.

Удовлетворяването на тези изисквания до голяма степен зависи от правилното определяне на параметрите на главното електрозадвижване.

В последователността от етапи на проектиране на КПМ изчисляването на електрозадвижването се предхожда от определянето на кинематичните и силовите данни: теглата и инерционните моменти на всички въртящи се и движещи се части, мястото в кинематичната верига, където се поставя маховикът, и неговата ъглова скорост, предавателното число на предавките, диаграмата на натоварването и др.

Динамичното поведение на КПМ може да се опише чрез система диференциални уравнения от първи ред, в която независима променлива е ъгълът на завъртане на коляновия вал α , а неизвестни функции са ω и t :

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{d\alpha} = \frac{M\partial - M_c}{J\omega} \\ \frac{dt}{d\alpha} = \frac{1}{\omega} \end{cases} \quad (1)$$

Понеже за преси се използват изключително асинхронни двигатели, то за определяне на $M\partial=f(\omega)$ може да се използва формулата на Клос:

$$M\partial = \frac{2M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} = \frac{2M_k(\omega_0 - \omega)(\omega_0 - \omega_k)}{(\omega_0 - \omega)^2 + (\omega_0 - \omega_k)^2} \quad (2)$$

- където: ω_0 – синхронна ъглова скорост;
 ω_k – критична ъглова скорост;
 M_k – критичен момент;
 s_k – критично хлъзгане.

За системата диференциални уравнения се получава:

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{d\alpha} = \frac{2M_k(\omega_0 - \omega)(\omega_0 - \omega_k) - M_c}{J\omega[(\omega_0 - \omega)^2 + (\omega_0 - \omega_k)^2]} \\ \frac{dt}{d\alpha} = \frac{1}{\omega} \end{cases} \quad (3)$$

Решението на системата (3) са двете функции – $\omega=f(\alpha)$ и $t=f(\alpha)$. От тях се получава зависимостта $\omega=f(t)$, която от своя страна води до определяне на изменението на двигателния момент във функция от времето – $M\partial=f(t)$. От друга страна, чрез $t=f(\alpha)$ може да се получи изменението на съпротивителния момент на системата $M_c=f(t)$. Трите функции – ω , $M\partial$, M_c във функция от времето описват преходните процеси на електрозадвижването на пресите.

Самото решаване на системата диференциални уравнения (3), описваща динамиката на КПМ, е подходящо да се извърши с числени методи за интегриране, с използването компютърна техника в съчетание с подходящ софтуер.

Експериментални изследвания

След запознаване с кинематичната схема и диаграмата на работа на коляно-мотовилкова ковашко-пресова машина, а също и с диференциалните уравнения, описващи динамиката на електрозадвижването на коляно-мотовилкова КПМ може да се пристъпи към изследване на динамиката ѝ чрез съставен алгоритъм, на базата на който е създадена програма на MATLAB [5] за персонален компютър.

Реализираната компютърна програма работи в интерактивен режим. Следва да се изпълняват последователно съответните инструкции.

Техническите данни, които се въвеждат са:

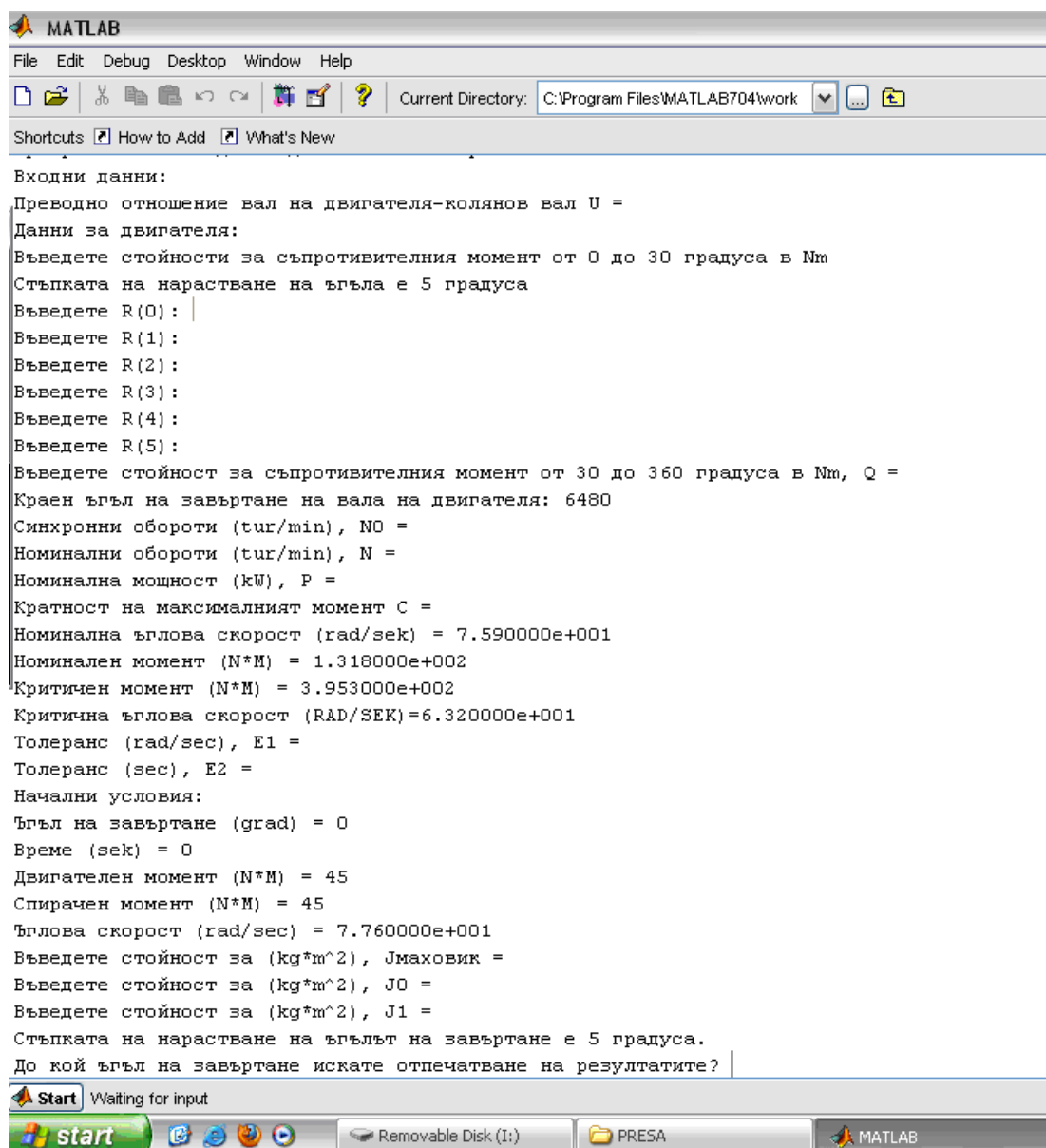
- синхронна честота на въртене на електродвигателя, min^{-1} ;
- номинална честота на въртене на електродвигателя, min^{-1} ;
- предавателно отношение между вала на електродвигателя и коляновия вал;
- кратност на максималния момент на електродвигателя;
- номинална мощност на електродвигателя;
- точности (толеранси) за скорост и време при решаване на диференциалните уравнения;
- стойности на компонентите на инерционния момент на електрозадвижването, kgm^2 ;
- стойности на съпротивителния момент за интервала $0 \div 30^\circ$;

- стойност на съпротивителния момент за интервала $30 \div 360^\circ$;

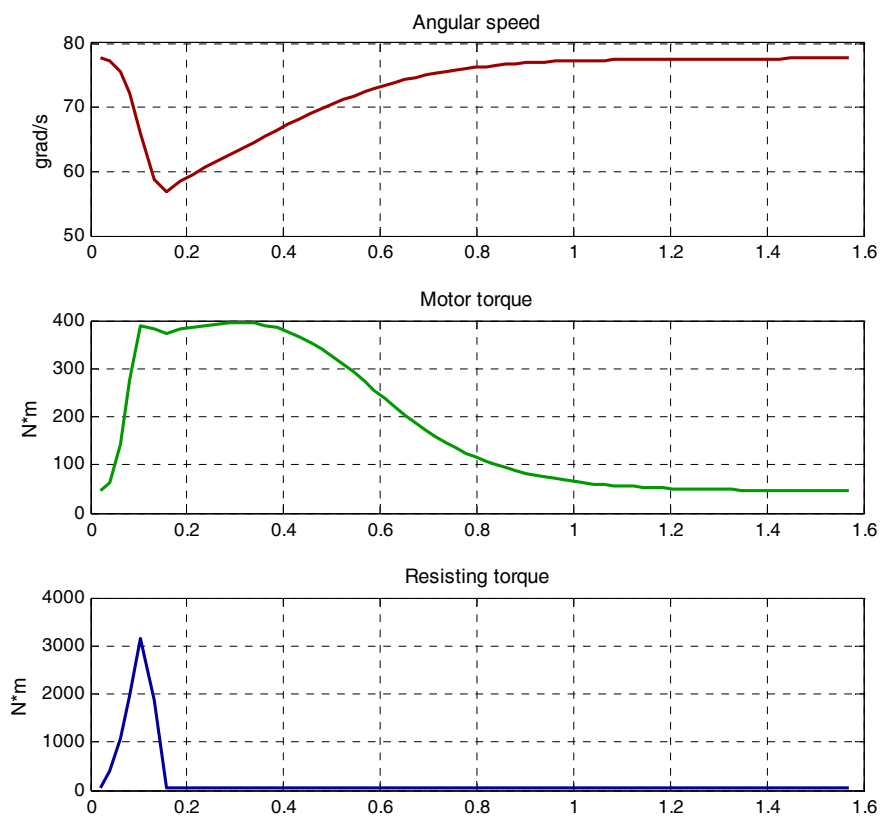
На фиг. 2 е представен диалоговият прозорец на програмата.

Проведени са изчисления със създадената програма за различни стойности на маховия момент, т.е. с различни маховици при едно и също електрозадвижване на ковшко-пресова машина. Всеки път програмата ни връща от определен нататък, т.е. последователно може да се задават различни маховици, т.е. маховици с различен инерционен момент, за да се оцени поведението на цялата електромеханична система.

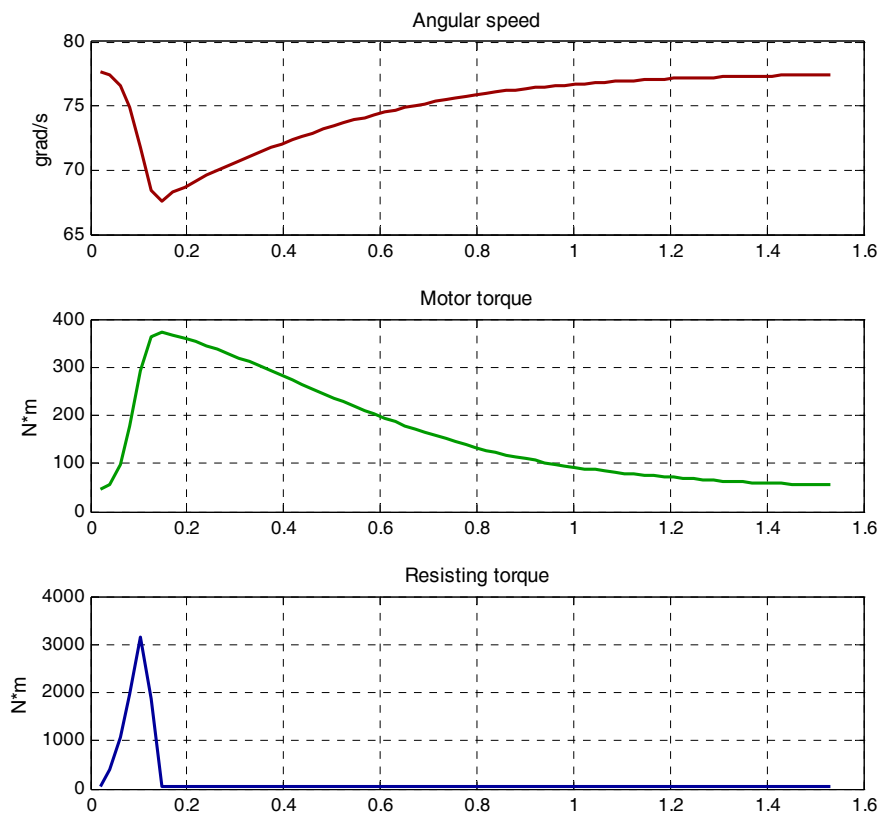
Програмата извежда на екран характеристиките ω , M_d , M_c във функция от времето за различни стойности на инерционния момент на участващия като компонент в електрозадвижването маховик, като част от получените резултати са представени на фиг. 3 и фиг. 4.



Фиг. 2. Диалогов прозорец на програмата



Фиг. 3. Характеристики ω , M_d , M_c във функция от времето за стойности на инерционния момент на маховика $J_{\text{маховик}}=4 \text{ kgm}^2$



Фиг. 4. Характеристики ω , M_d , M_c във функция от времето за стойности на инерционния момент на маховика $J_{\text{маховик}}=12 \text{ kgm}^2$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ударното натоварване предизвиква колебания в момента и тока на електродвигателя. Освен това води до увеличаване на променливите загуби на електрическа енергия в електродвигателя и хранващата го електрическа мрежа, доколкото тези загуби са пропорционални на стойността на тока на квадрат. При изравняване на товарния график споменатите загуби на електрическа енергия се намаляват.

Поради тези причини подходящият избор на маховик при КПМ е от съществено значение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рачев С., Л. Димитров, Електрозадвигване и електрообзавеждане, Университетско издателство „Васил Априлов”, ТУ-Габрово, Габрово, 2011.
- [2] Стоянов С., Ц. Цанев, Ръководство по електрообзавеждане на промишлени предприятия II част, ТУ-София, С., 1993.
- [3] Палов И., К. Сираков, Електрообзавеждане на промишлените предприятия, Русенски университет „Ангел Кънчев”, Р., 2008.
- [4] Радиков С., Б. Кръстев, Ковашко-пресови машини, Справочник, Техника, С., 1982.
- [5] Дьяконов В. П., Компьютерная математика – теория и практика, Нолидж, Москва, 2001.