

УДК 621.83

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЯ ПЛАНЕТАРНОГО ПРИВОДА
КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ МАШИН**

Б. П. Середя, Т. А. Васильченко

Запорожская государственная инженерная академия
пр. Ленина, 226, 69063, г. Запорожье, Украина. E-mail: taniavasil@mail.ru

А. В. Глебенко

Запорожский национальный технический университет
ул. Жуковского, 64, 69063, г. Запорожье, Украина. E-mail: ayav@zntu.edu.ua

В. А. Видмич, Н. Н. Мороз

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: tfk58@kdu.edu.ua

Освещены вопросы оптимизации параметров планетарного привода кузнечно-прессовых машин, в частности загрузки двигателя. Получены аналитические зависимости, позволяющие определять величину наибольшего скольжения двигателя в течение всего технологического цикла, установлены численные области рациональных параметров привода.

Ключевые слова: оптимизация, планетарный привод, кузнечно-прессовая машина, скольжение двигателя, технологический цикл.

OPTIMIZATION OF ENJINE LOAD PLANETARY DRIVE OF FORGING PRESSES

B. P. Sereda, T. A. Vasilchenko

Zaporizhzhya State Technical Academy
prosp. Lenin, 226, 69063, Zaporizhzhya, Ukraine. E-mail: taniavasil@mail.ru

A. V. Glebenko

Zaporizhzhya National Technical University
vul. Zhukovsriy, 64, 69063, Zaporizhzhya, Ukraine. E-mail: ayav@zntu.edu.ua

V. A. Vidmich, N. N. Moroz

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pervomaiskaja, 20, 39600, Kremenchug, Ukraine. E-mail: tfk58@kdu.edu.ua

The article is devoted to optimizing the parameters of the planetary drive of forging presses, in particular, on optimizing the engine load. Analytical dependences allowing to determine the magnitude of the maximum slip of the motor during the entire technological cycle. Numerical of rational parameters of the drive are calculated.

Key words: optimization, planetary drive, press-forging machine, engine sliding, work cycle.

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДВИГУНА ПЛАНЕТАРНОГО ПРИВОДУ
КОВАЛЬСЬКО-ПРЕСОВИХ МАШИН**

Б. П. Середя, Т. А. Васильченко

Запорізька державна інженерна академія
пр. Ленина, 226, 69063, м. Запоріжжя. E-mail: taniavasil@mail.ru

Г. В. Глебенко

Запорізький національний технічний університет
вул. Жуковського, 64, 69063, м. Запоріжжя, Україна. E-mail: ayav@zntu.edu.ua

В. А. Видмич, М. М. Мороз

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: tfk58@kdu.edu.ua

Висвітлені питання оптимізації параметрів планетарного привода ковальсько-пресових машин, зокрема завантаження двигуна. Отримані аналітичні залежності, які дозволяють визначати величину найбільшого ковзання двигуна впродовж усього технологічного циклу, встановлені чисельні області раціональних параметрів приво-ду.

Ключові слова: оптимізація, планетарний привід, ковальсько-пресова машина, ковзання двигуна, техноло-гічний цикл.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В кривошипных прессах все чаще находят развитие системы включения, содержащие планетарные редукторы различных компоновочных схем. Планетарные приводы имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными системами включения. Использование планетарного редуктора позволяет расширить технологические возможности кузнечно-прессовых машин

(КПМ) за счет того, что основной расход энергии происходит не перед рабочим ходом, а после него, что создает к началу рабочего хода определенный запас энергии. Кроме того, значительно улучшаются условия обслуживания узлов тормозов редуктора [1].

В работах [2, 3] показано, что оптимальная работа кузнечно-прессовой машины (КПМ) возможна

при оптимальному виборі її параметрів, забезпечують найкращі технічні та економічні показники її роботи. В вищезазначених статтях для планетарного привода КПП встановлені критерії оптимальності параметрів планетарного редуктора та проміжної зубчастої передачі виходячи з мінімуму маси окремих вузлів та всього привода в цілому, а також витрати енергії на включення. Також в роботах отримані аналітичні залежності для розрахунку критеріїв оптимальності в залежності від параметрів привода, встановлені чисельні області раціональних параметрів привода, в найбільшій ступені задовольняють критерії оптимальності. Одночасне задоволення обох критеріїв оптимальності неможливо, тому для більш точного розв'язання задачі вимагається застосування спеціальних методів оптимізації. Питання оптимізації навантаження двигача до сих пор не розглядалися.

В зв'язі з вищезазначеною метою роботи вивчається оптимізація параметрів планетарного привода кривошипних пресів для забезпечення найбільш рівномірної навантаження двигача.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Одним з умов економічної роботи планетарного привода КПП є забезпечення найбільш рівномірної навантаження електродвигача впродовж всього технологічного циклу. Збільшення нерівномірності навантаження двигача, а в приводе КПП, призводить до збільшення номінальної потужності двигача та моменту інерції маховика, погіршенню теплового режиму роботи двигача, зниженню його довговічності та економічності.

Як відомо, впродовж технологічного циклу роботи планетарного привода КПП існують три періоди з піковою навантаженням двигача: включення привода, технологічне навантаження та зупинка привода.

Внаслідок особливостей енергодинамічного режиму роботи привода процес включення головного виконавчого механізму (ГВМ) характеризується відносно невеликим витратом енергії та, як наслідок, незначительним зниженням кутової швидкості ведучих мас. На початку процесу технологічного навантаження ковзання двигача практично повністю відновлюється до величини ковзання в період автоматичного холостого ходу.

Найбільший витрат енергії має місце при робочому ході та в процесі зупинки ГВМ. Через значительне зниження кутової швидкості маховика в період робочого ходу ковзання двигача

Найбільший витрат енергії має місце при робочому ході та в процесі зупинки ГВМ. Через значительне зниження кутової швидкості маховика в період робочого ходу ковзання двигача досягає значительної величини та на початку процесу зупинки повністю ніколи не відновлюється. Так як в процесі зупинки відбувається очередне навантаження двигача, максимальна величина може досягати граничних значень.

Як відомо, номінальна потужність електродвигача та момент інерції КПП визначаються по величині витрати енергії впродовж технологічного циклу при умові, що в будь-який момент ковзання двигача не перевищує допустиме значення S_{δ} , рівне $0,85S_k$, де S_k – критичне ковзання двигача. Тоді умовою оптимальної навантаження двигача впродовж технологічного циклу є вибір параметрів привода, які забезпечують стійку роботу двигача, як в процесі робочого ходу, так і в момент зупинки ГВМ.

Якщо позначити максимальне ковзання двигача в процесі технологічного навантаження S_{mm} , а в процесі зупинки ГВМ S_{om} , умовою оптимальності параметрів будуть мати вигляд

$$\left. \begin{aligned} S_{mm} &\leq S_{\delta} \\ S_{om} &\leq S_{\delta} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Максимальне ковзання двигача S_{om} в процесі зупинки ГВМ визначається по формулі (без урахування клиноременної передачі):

$$S_{om} = \frac{\omega_{ac} - \omega_{amo}}{\omega_{ac}} = 1 - \frac{\omega_{ao}}{\omega_{ac}(1 + j_o)}$$

$$S_{om} = 1 - \frac{\omega_{ac}(1 - S_{no})}{\omega_{ac}(1 + j_o)}$$

$$S_{om} = \frac{j_o + S_{no}}{1 + j_o} \quad (2)$$

де S_{no} – ковзання двигача перед початком процесу зупинки ГВМ;

ω_{ac} – синхронна кутова швидкість звена а;

ω_{amo} – мінімальна кутова швидкість звена а при установці;

ω_{ao} – початкова кутова швидкість звена а при зупинці;

j_o – відносний момент інерції введених мас при зупинці.

Величина S_{no} визначається значенням максимального ковзання S_{mm} , електромеханічними параметрами привода, умовами тертя в опорах маховика та може бути визначена приблизно по формулі:

$$S_{no} = S_{mm} e^{-\frac{t_2}{T}}$$

де t_2 – час руху головного вала ГВМ від закінчення процесу технологічного навантаження до початку процесу зупинки;

T – постійна привода

$$T = \frac{I_{a3} \omega_{ac}}{\kappa M_{\kappa} i_{\kappa}} s_{\kappa} = T' s_{\kappa}$$

де I_{a3} – момент інерції обертаються мас відносно осі маховика;

κ – коефіцієнт пропорційності при лінійній апроксимації рухомого моменту двигача, $\kappa=1,39$;

M_{κ} – критичний момент електродвигача;

i_k - передаточное отношение клиноременной передачи;

$$T' = \frac{I_{a2} \omega_{ac}}{\kappa M_k i_k}.$$

Если пренебречь незначительным изменением угловой скорости главного вала ГИМа в течение времени t_2 , длительность периода t_2 можно определить по формуле

$$t_2 = f \frac{\pi}{\omega_n} \left(1 - \frac{\alpha_0}{180^\circ} \right),$$

где f – коэффициент, учитывающий падение угловой скорости маховика после рабочего хода, $f=1,05..1,1$;

ω_n – номинальная угловая скорость главного вала;

α_0 – угол поворота главного вала ГИМа в течение процесса остановки, град.

По условиям технической безопасности КПМ угол α не должен превышать 15° , тогда время t_2 будет равно

$$t_2 \approx \frac{3}{\omega_n}.$$

Подставляя величину S_{no} в формулу (2), условия оптимальности (1) можно представить в виде

$$j_o \leq S_\delta \frac{1 - e^{-\frac{3}{\omega_n T'}}}{1 - S_\delta}. \quad (4)$$

Если параметры привода выбраны так, что удовлетворяется условие (4), максимальное скольжение двигателя в течении всего технологического цикла не будет превышать допустимую величину S_k .

Зависимость относительного момента инерции j_o от отношения $\frac{3}{\omega_n T'}$ и величины допустимого скольжения S_d показана на рис. 1.

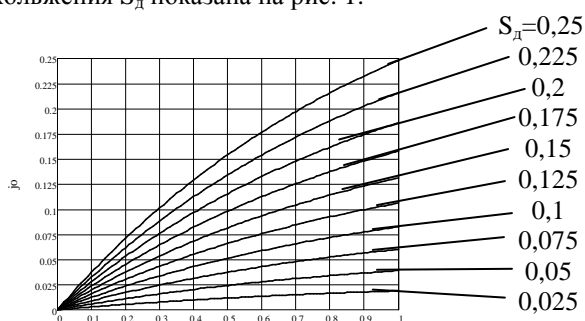


Рисунок 1 – Зависимость относительного момента инерции от допустимого скольжения

Из условия (4) следует обратная зависимость

$$S_{mm} \leq [S_\delta - (1 - S_\delta) j_o] e^{\frac{3}{\omega_n T'}}, \quad (5)$$

по которой определяется величина наибольшего скольжения двигателя в период технологического нагружения при условии, что в период остановки скольжение не будет превышать допустимую величину S_δ . Если величина S_{mm} , найденная из условия (5) будет больше допустимого значения S_δ , во избежание перегрузки двигателя в процессе остановки, необходимо уменьшать номинальную технологическую работу, выполняемую длиной КПМ.

ВЫВОДЫ. Получены аналитические зависимости, позволяющие определять величину наибольшего скольжения двигателя в течение всего технологического цикла, установлены численные области рациональных параметров привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Явтушенко А.В., Руденко А.В., Рыбинок В.А. Совершенствование систем включения кривошипных кузнечно-прессовых машин. – К.: Знание, 1980. – 24 с.
2. Серeda Б.П., Васильченко Т.А., Явтушенко А.В., Глебенко А.В. Оптимизация параметров планетарного привода кузнечно-прессовых машин // Обработка материалов давлением. Сборник науч. трудов. – Краматорськ: ДГМА, 2009. – № 1(20).
3. Серeda Б.П., Васильченко Т.А. Минимизация расхода энергии на включение и остановку главного исполнительного механизма КПМ // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2009. – № 31. – 132 с.

REFERENCE

1. Yavtushenko A.V., Rudenko A.V., Rybinok V. A. Perfection of systems of inclusion forge-pressovyh cars. – K.: Knowledge, 1980. – 24 p. [in Russian].
2. Sereda B.P., Vasilchenko T.A., Yavtushenko A.V., Glebenko A.V. Optimization of parameters of a planetary drive forge-pressovyh cars // Processing of materials by pressure. The collection. Works. – Kramatorsk: DSMA, 2009. – № 1(20) [in Russian].
3. Sereda B.P., Vasylychenko T.A. Power consumption minimization on inclusion and a stop main executive mehamyzma forge-pressovyh cars // Bulletin of the National Technical University «KPI». Scientific prats. Tematychnyy issue: New ideas in modern technologies. - Kharkov: NTU «XPI», 2009. – № 31. – 132 p. [in Russian].

Стаття надійшла 20.01.2011.

Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Драгобецьким В.В.