

**Originality.** The problem is solved using the finite-element complex SolidWorks. Was noticed rationality to use progressive springs.

**Practical value.** The preferences of the use of the springs with progressive elastic characteristic over the springs with linear elastic characteristics are substantiated.

**Keywords:** *spring, finite element method, progressive elastic characteristic, SolidWorks.*

УДК 621.313.1:64.06

БІЛА Т.Я., СТАЦЕНКО В.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ КОЛЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ В ПРИВОДІ ПОБУТОВОГО ОБЛАДНАННЯ

**Мета.** *Визначення ефективності роботи універсальних колекторних двигунів, що працюють із змінним навантаженням. Створення комп'ютерної моделі, яка дозволяє розраховувати значення коефіцієнту корисної дії двигуна для певного режиму роботи.*

**Методика.** *Моделювання процесів, що виникають під час роботи універсального колекторного двигуна, здійснено за допомогою еквівалентної електричної схеми. Для проведення розрахунків застосовано систему Simulink.*

**Результати.** *В ході досліджень отримано комп'ютерну модель універсального колекторного двигуна для побудови часових залежностей коефіцієнту корисної дії (ККД) двигуна за різних видів навантаження та визначення середнього значення ККД для заданого інтервалу часу.*

**Наукова новизна.** *Створена математична модель та отримана залежність зміни ККД універсального колекторного двигуна від навантаження (моменту опору) на його валу.*

**Практична значимість.** *Модель, що запропонована, дозволяє розраховувати ефективність використання заданих моделей універсальних колекторних двигунів у режимах роботи зі змінним навантаженням.*

**Ключові слова:** *універсальний колекторний двигун, електропривод, побутова техніка, коефіцієнт корисної дії.*

**Вступ.** Сьогодні універсальні колекторні двигуни (УКД) широко застосовуються у побутовій техніці, а саме: у приводах пральних машин, блендерів та міксерів, посудомийних машин, кухонних комбайнів. Це зумовлено можливістю їх роботи від мережі змінної напруги, низьким пусковим струмом, хорошими масогабарітними показниками. Водночас на ринку доступні різні моделі УКД із технічними характеристиками, що помітно відрізняються. Так залежність ККД від моменту навантаження на його валу є нелінійною і положення екстремуму та її форма залежить від конкретної моделі УКД. Зважаючи на те, що навантаження на робочі органи

побутового обладнання змінюється у процесі його роботи [1], актуальною стає задача визначення зміни ККД у конкретних режимах роботи для заданих моделей двигунів. Створення відповідних математичних моделей дозволить здійснювати порівняльних аналіз ефективності використання УКД за конкретних умов роботи.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є розробка зручної для застосування моделі роботи УКД, що дозволить визначати залежності між зміною ККД двигуна та навантаженням на його валу.

**Результати дослідження.** Моделювання перехідних процесів, що виникають під час роботи універсального колекторного двигуна, здійснювалось за допомогою еквівалентної електричної схеми [2], що наведена на рис.1. До складу схеми входять:

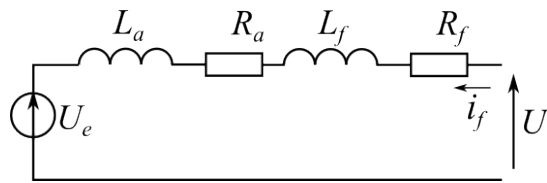


Рис. 1. Еквівалентна електрична схема УКД

$R_a$  – активний опір обмотки ротора;  
 $L_a$  – індуктивність обмотки ротора;  
 $R_f$  – активний опір обмотки збудження;  
 $L_f$  – індуктивність обмотки збудження;  
 $U_e$  – джерело напруги, що моделює дію протиЕРС.

Задаючи напругу живлення ( $U$ ), за допомогою даної схеми можна визначити значення струму у колі якоря ( $i$ ).

Для перевірки роботи моделі, що запропонована, було обрано УКД типу PU4530 [3], що призначений для використання у міксерах та має наступні технічні характеристики:

- номінальна напруга – 220 В, 50 Гц;
- ККД у номінальному режимі роботи – 70,2 %;
- номінальний момент – 68,1 мН\*м;
- номінальна швидкість – 14459 об/хв.;
- номінальний струм – 0,646 А;
- номінальна вихідна потужність – 103,1 Вт.

Також в технічній документації даного двигуна наведено механічна та швидкісна характеристики, а також графічна залежність між ККД та моментом опору (рис.2). За допомогою цих характеристик достатньо просто визначити ефективність застосування тих, чи інших моделей двигунів у стаціонарних режимах роботи. Але для аналізу ефективності двигуна у динамічних режимах роботи необхідно визначити функцію зміни ККД у часі. Якщо ця функція відома, то середнє значення ККД ( $\eta_{сер}$ ) можна розрахувати за наступною формулою [2]:

$$\eta_{сер} = \frac{1}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} \eta(t) dt, \quad (1)$$

де  $t_0, t_1$  – моменти початку та закінчення перехідного процесу, відповідно.

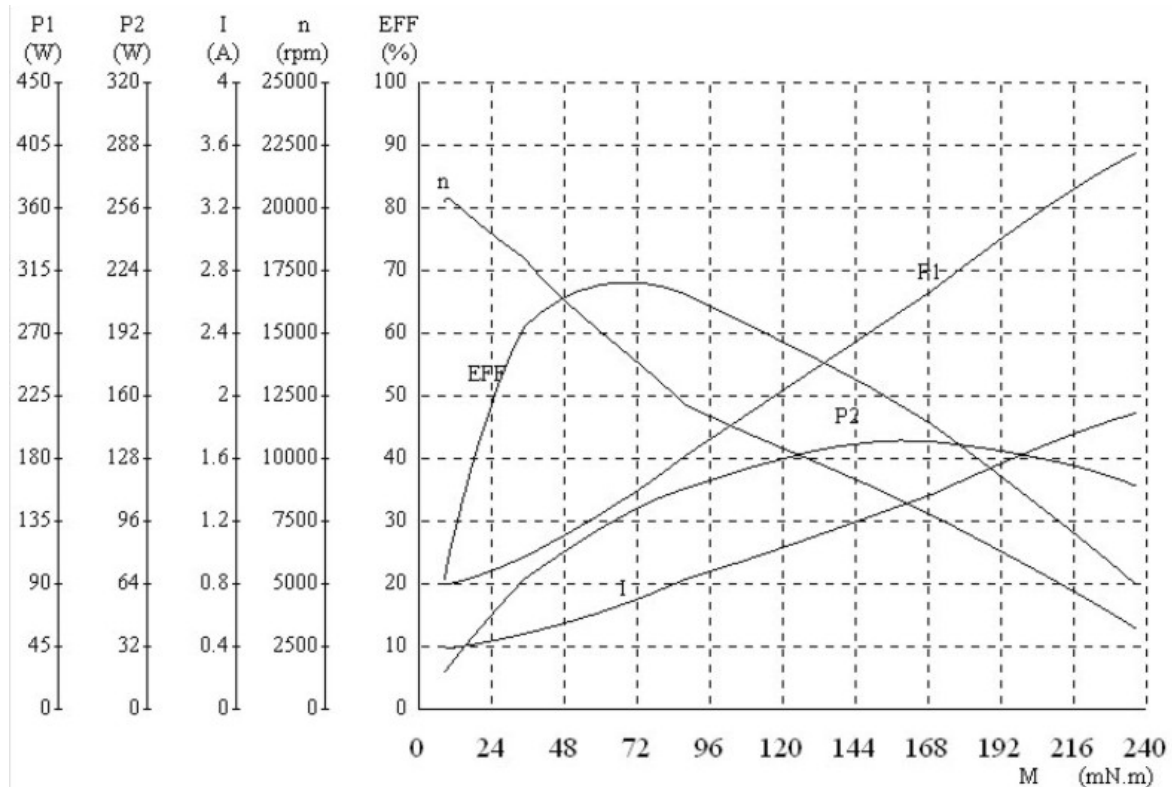


Рис. 2. Характеристики УКД PU4530. Залежності: потужності, що споживається (P1), корисної потужності (P2), струму кола якоря (I), швидкості обертання (n), ККД (EFF) від моменту опору

Для дослідження перехідних процесів, що відбуваються під час роботи УКД, у системі Simulink створена модель двигуна (рис.3), що дозволяє задавати функцію змінювання навантаження у часі (блок Mn), визначати функцію зміни ККД у часі та його середнє значення (результати виводяться за допомогою блоків Scope та Display). До складу моделі входять: УКД (блок Universal Motor1), що моделює процеси у двигуні на основі розрахунку параметрів еквівалентної електричної схеми (рис.1), прилади для визначення механічних та електричних параметрів двигуна. До механічних відносяться обертальний момент та швидкість обертання валу двигуна. Їх визначення забезпечується за допомогою блоків Ideal Torque Sensor та Ideal Rotational Motion Sensor. Електричні параметри, до яких відносяться напруга та струм, визначаються за допомогою блоків Voltage Sensor та Current Sensor. Величина моменту інерції ротору задається за допомогою елемента Inertia. Визначення миттєвого значення ККД здійснюється за формулою:

$$\eta = \frac{P_n}{P_{ex}} = \frac{M_{об} \cdot \omega}{U \cdot I}, \quad (2)$$

де  $P_n$  – миттєве значення потужності на валу двигуна, Вт;

$P_{ex}$  – миттєве значення потужності, що споживається з мережі живлення, Вт;

$M_{об}$  – миттєве значення обертального моменту на валу двигуна, Нм;

$\omega$  - миттєве значення кутової швидкості валу двигуна, рад/с;

$U$  – миттєве значення напруги мережі живлення, В;

$I$  – миттєве значення струму, що споживається з мережі живлення, А.

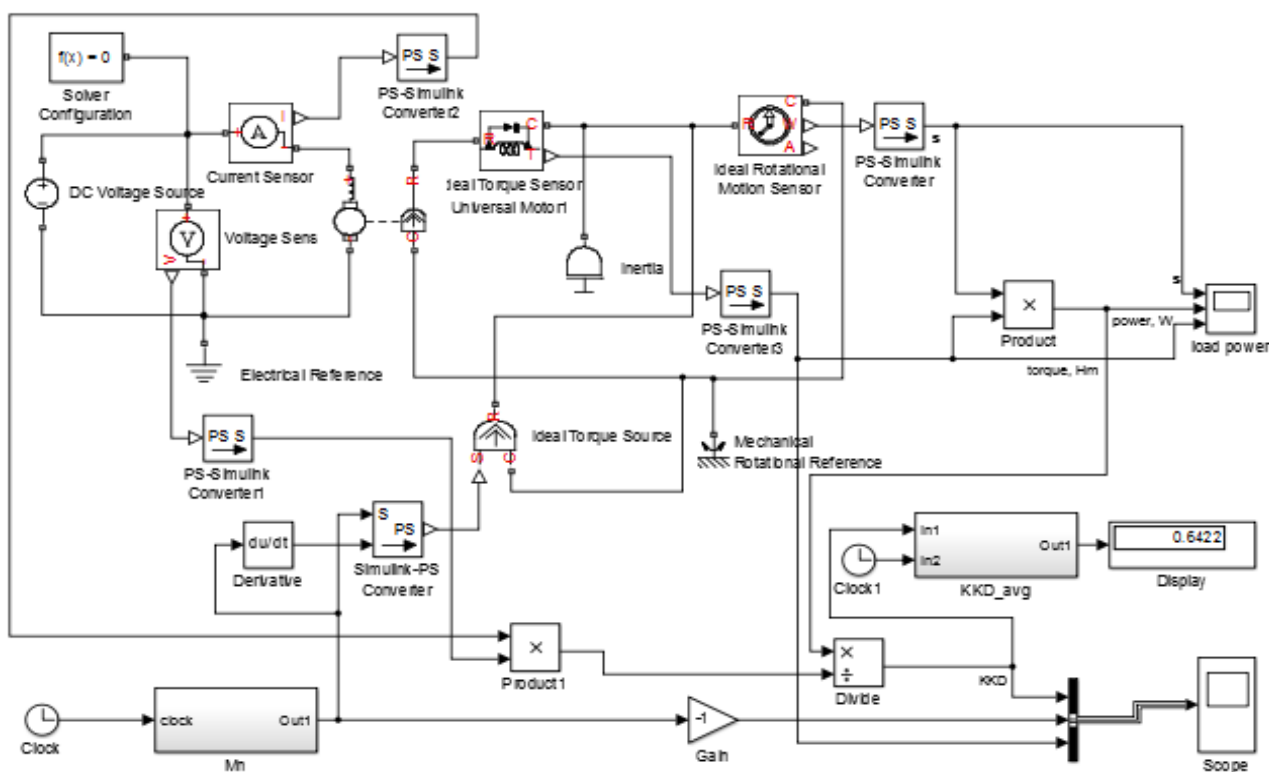


Рис. 3. Simulink-модель для розрахунку перехідних процесів в УКД

В ході дослідження було проведено моделювання роботи системи при періодичному імпульсному та експоненціальному законах зміни навантаження. Перший режим виникає під час змішування або подрібнення декількох видів продуктів, що мають різні розміри частинок та насипну густину. Другий режим виникає при перемішуванні продуктів, які змінюють свою в'язкість або розчиняються під час цього процесу. Результати моделювання наведені на рис.4 та 5.

На рисунках 4 та 5 представлено змінювання моменту навантаження ( $M_H$ ), обертового моменту ( $M_{об}$ ) та ККД у часі. Середнє значення ККД дорівнює 64,2% та 57,1% для режимів з імпульсною та експоненціальною зміною навантаження, відповідно.

**Висновки.** Модель, що запропонована у роботі, дозволяє отримати дані, які необхідні для обґрунтованого вибору УКД, що забезпечуватиме максимальну ефективність роботи в заданих умовах.

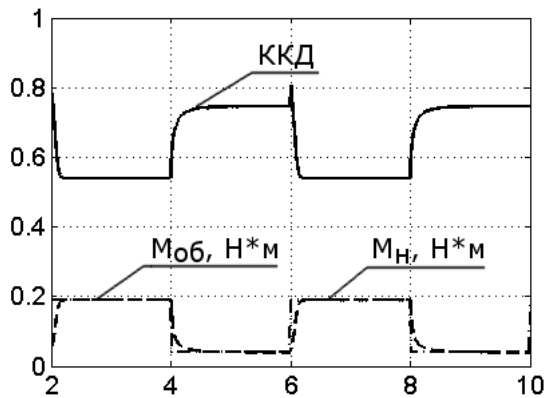


Рис.4. Результати моделювання роботи УКД у режимі з імпульсною зміною навантаження

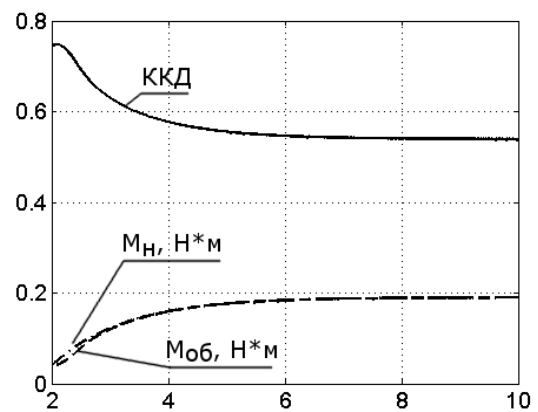


Рис.5. Результати моделювання роботи УКД у режимі з експоненціальною зміною навантаження

#### Список використаної літератури

1. Електропобутова техніка : навч. посіб. / І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, В. В. Кострицький [та ін.]. – К.: КНУТД, 2009. – 204 с.
2. Біла Т. Я. Моделювання роботи приводу електропобутових пристроїв у режимах із навантаженням, що різко змінюється / Т. Я. Біла, В. В. Стаценко, П. В. Теремій [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=njuu\\_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=I=&S21COLORTERMS=0&S21STR=EJ000048%2F2014%2F2](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=njuu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=I=&S21COLORTERMS=0&S21STR=EJ000048%2F2014%2F2)
3. Технічні характеристики двигуна PU4530 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.power-motor.com/proview-179-en.html>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРИВОДЕ БЫТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

БЕЛАЯ Т.Я., СТАЦЕНКО В.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Определение эффективности работы универсальных коллекторных двигателей, работающих с переменной нагрузкой. Создание компьютерной модели, которая позволяет рассчитывать значение коэффициента полезного действия двигателя для конкретной работы.

**Методика.** Моделирование процессов, возникающих при работе универсального коллекторного двигателя, осуществлено с помощью эквивалентной электрической схемы. Для проведения расчетов использована система Simulink.

**Результаты.** В ходе исследований получена компьютерная модель универсального коллекторного двигателя для построения временных зависимостей коэффициента полезного действия (КПД) двигателя при различных видах нагрузки и определения среднего значения КПД для заданного интервала времени.

**Научная новизна.** Создана математическая модель и получена зависимость изменения КПД универсального коллекторного двигателя от нагрузки (момента сопротивления) на его валу.

**Практическая значимость.** Предложенная модель позволяет рассчитывать эффективность использования конкретных моделей универсальных коллекторных двигателей в режимах работы с переменной нагрузкой.

**Ключевые слова:** универсальный коллекторный двигатель, электропривод, бытовая техника, коэффициент полезного действия.

## THE STUDY OF THE UNIVERSAL MOTORS EFFICIENCY IN HOUSEHOLD APPLIANCES DRIVES

VILA T., STATSENKO V.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Determination of the universal motors efficiency operating with variable load. Creating a computer model that allows the efficiency value calculation of the universal motors for a particular job.

**Methodology.** Modelling of processes that take place during universal motor operation is done by an equivalent electrical circuit. Simulink system is used for the calculations.

**Findings.** The studies produced a universal motor computer model for constructing time dependences of the motor efficiency for different load types and determine the average efficiency values for a given time interval.

**Originality.** The mathematical model created and the dependence obtained of the universal motor efficiency changes from the load (resistive torque) on its shaft.

**Practical value.** The proposed model allows efficiency calculation of the specific universal motor models use in the operating modes with variable load.

**Keywords:** *universal commutator motor, electrical drive, household appliances, efficiency.*

УДК 677.055

МУЗИЧИШИН С.В., ППА Б.Ф.

Київський національний університет технологій та дизайну

## КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИСТРОЇВ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

**Мета.** Розробка класифікації пристроїв зниження динамічних навантажень, що виникають в механічних системах (механізмах та машинах легкой промисловості, зокрема в приводах в'язальних машин та автоматів) під час пуску (ПЗДН).

**Методика.** Використані сучасні методи досліджень пристроїв зниження динамічних навантажень, що виникають в механічних системах під час пуску з метою розробки їх класифікації, здатної пропонувати найбільш ефективні ПЗДН для в'язальних машин та автоматів.