

УДК 621.313.14

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ У ПОБУТОВІЙ ТЕХНІЦІ

Стаценко Д. В., Злотенко Б. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

*В статті досліджені динамічні режими двигуна постійного струму у побутовій техніці за допомогою комп'ютерного програмного продукту імітаційного моделювання. Імітаційна модель, що запропонована у роботі дозволяє задавати залежність навантаження на валу двигуна від часу та розраховувати залежності частоти обертання, струму, потужності та моменту двигуна від часу. Значення вищенаведених параметрів в усталеному режимі відповідають розрахункам та паспортним даним, що підтверджує можливість використання імітаційної моделі двигуна постійного струму на практиці. Розроблено імітаційну модель електроприводу, що дозволяє визначати динамічні характеристики електродвигуна використовуючи паспортні дані.*

**Ключові слова:** електродвигун, імітаційна модель, динамічні режими, електропривод, постійний струм

Історично першими пристроями, що перетворювали електричну енергію у механічну були двигуни постійного струму. Електроприводи з двигунами постійного струму до кінця 20 віку були майже єдиними регульованими електроприводами і використовувались у багатьох галузях промисловості [1]. Головною перевагою цих електроприводів є добре керування. На сьогоднішній день вони були посунені безколекторними двигунами, але у регульованому приладовому приводі та у системах автоматики ще й досі не існує альтернатив їх застосування. Це пояснюється широким діапазоном та плавністю регулювання швидкості обертання, а також більш простими методами та засобами керування [1, 2]. Останнім часом колекторні двигуни послідовного збудження загалом використовуються у побутовій техніці. Їх перевагою є можливість одночасного забезпечення великого пускового моменту та високій швидкості холостого ходу [3]. На сьогоднішній день комп'ютерні технології широко застосовуються для дослідження складних систем і процесів. Дослідження режимів роботи двигунів постійного струму у побутовій техніці можливе за рахунок використання програмного продукту MATLAB (Simulink), який містить бібліотеки моделей елементів постійного та змінного струму [4]. Даний програмний продукт надає змогу моделювати електросилові, механічні та гідравлічні системи [4].

### Постановка завдання

Метою даної роботи є дослідження динамічних режимів двигуна постійного струму у побутовій техніці за допомогою комп'ютерного програмного продукту імітаційного моделювання.

### Результати досліджень

У роботі розглянуто колекторний однофазний двигун послідовного збудження серії ДК76 [5]. Даний двигун розроблено для використання у електром'ясорубках, електрорубанках, кухонних комбайнах.

Двигун має наступні параметри:

Номінальна напруга – 220 В.

Номінальна потужність – 370 Вт.

Номінальна частота обертання – 18000 об/хв.

Номінальний струм – 3,6 А.

Номінальна споживана потужність – 630 Вт.

На рис. 1 наведена модель дослідженого електроприводу розроблена у програмному продукті Simulink (MATLAB 2013a).

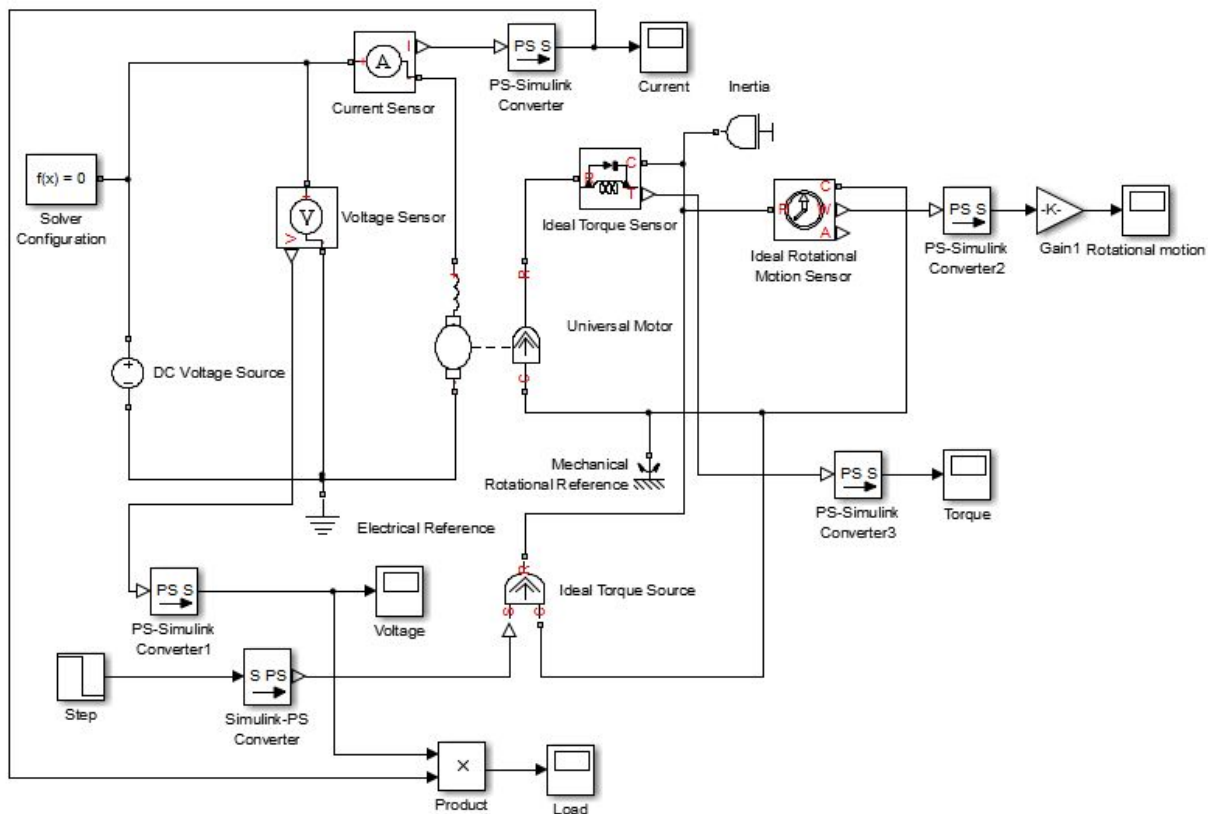


Рис. 1. Імітаційна модель роботи електроприводу

Модель двигуна, що використана у вищенаведеному електроприводі, виконана за допомогою блоку Universal Motor [6]. Даний блок відображає електричні характеристики та частоту обертання універсального двигуна за допомогою еквівалентної схеми зображеної на рис. 2.

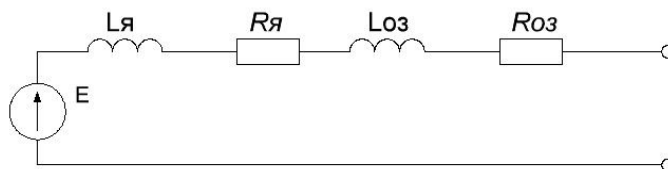


Рис. 2. Електронна схема універсального двигуна

На рис. 2 зображені наступні елементи:  $L_{\text{я}}$  – індуктивність якоря;  $R_{\text{я}}$  – опір якоря;  $L_{\text{оз}}$  – індуктивність обмотки збудження;  $R_{\text{оз}}$  – опір обмотки збудження.

У схемі зображеної на рис. 1 блок Universal Motor розраховується на основі еквівалентних параметрів схеми за допомогою наступних припущень:

1. Індуктивність не враховується для залежності моменту від швидкості при усталеному режимі, якщо використано джерело постійного струму.

2. Сума напруги по контуру дорівнює:

$$U = (R_{\text{оз}} + R_{\text{я}}) \cdot I_{\text{оз}} + E = (R_{\text{оз}} + R_{\text{я}} + L_{\text{яоз}} \cdot \omega) \cdot I_{\text{оз}} \quad (1)$$

3. Розраховує попереднє рівняння для параметра  $I_{\text{оз}}$  та підставляє це значення в рівняння частоти обертання:

$$T = L_{\text{яоз}} \cdot \left( \frac{U}{R_{\text{оз}} + R_{\text{я}} + L_{\text{яоз}} \cdot \omega} \right)^2 \quad (2)$$

Блок використовує номінальну швидкість та потужність для розрахунку номінальної частоти обертання. Також він використовує значення номінальної частоти обертання та номінальної швидкості у попередньому рівнянні, а також відповідна потужність для визначення значень  $R_{\text{оз}} + R_{\text{я}}$  та  $L_{\text{яоз}}$ .

В якості динамічних характеристик розглянуті залежності зміни основних характеристик електроприводу від часу на його виході при стрибкоподібній зміні моменту навантаження. Стрибкоподібна зміна моменту навантаження змодельована за рахунок використання блоку «Step» рис. 1.

На рис. 3, рис. 4, рис. 5 наведені залежності частоти обертання, струму та потужності, відповідно. В усталеному режимі роботи електродвигуна результати динамічних характеристик відповідають паспортним даним дослідженого двигуна.

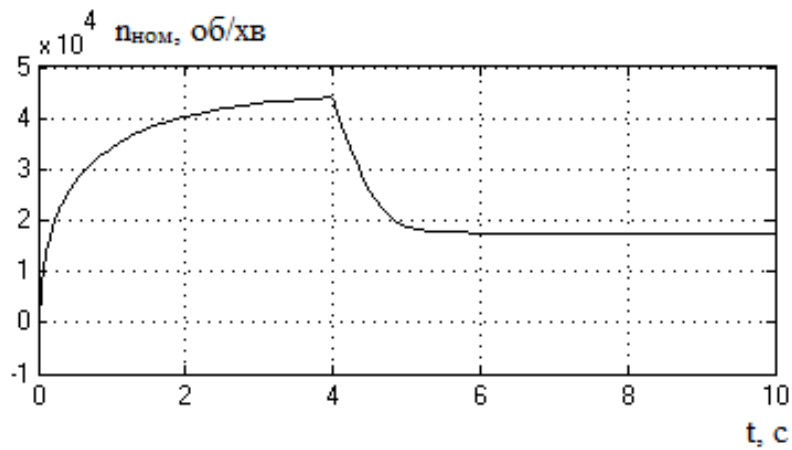


Рис. 3. Залежність частоти обертання від часу на виході двигуна

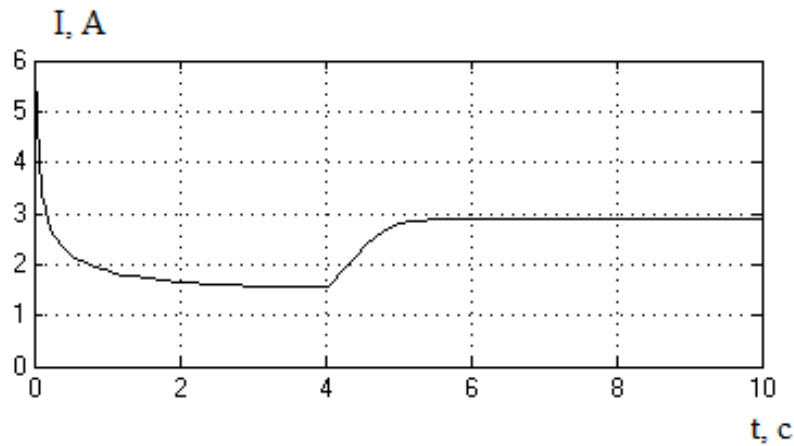


Рис. 4. Залежність струму від часу на виході двигуна

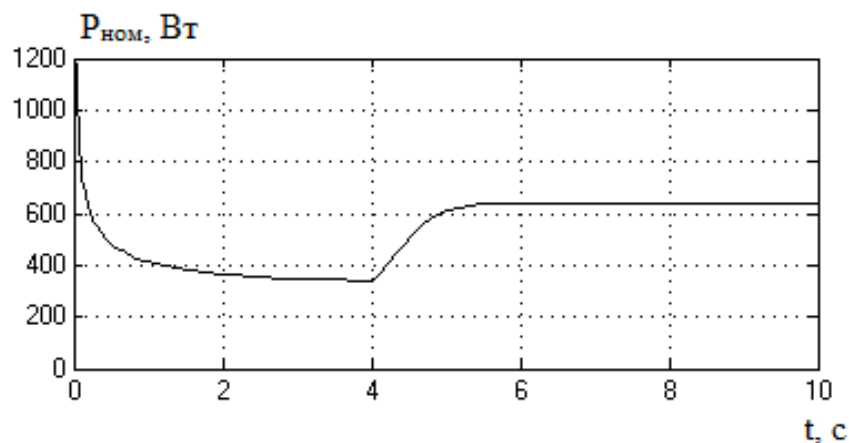


Рис. 5. Залежність потужності від часу на виході двигуна

Спираючись на результати динамічних характеристик наведених на рис. 3-5 можна зробити висновок, що стрибкоподібна зміна моменту навантаження призводить до зростання частоти обертання, а також до зменшення струму та потужності у

перехідному режимі роботі електродвигуна.

З метою підтвердження результатів імітаційного моделювання у вищенаведеному програмному продукті, проведені розрахунки параметрів двигуна, а саме, номінальну швидкість та момент двигуна. Для цього використані загальні формули [1]:

$$\omega_{ном} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_{ном}}{60} = 1884 \frac{рад}{с} \quad (3)$$

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}} = 0,196 Н \cdot м \quad (4)$$

Результати моделювання моменту дослідженого колекторного двигуна постійного струму з послідовним збудженням наведені на рис. 6.

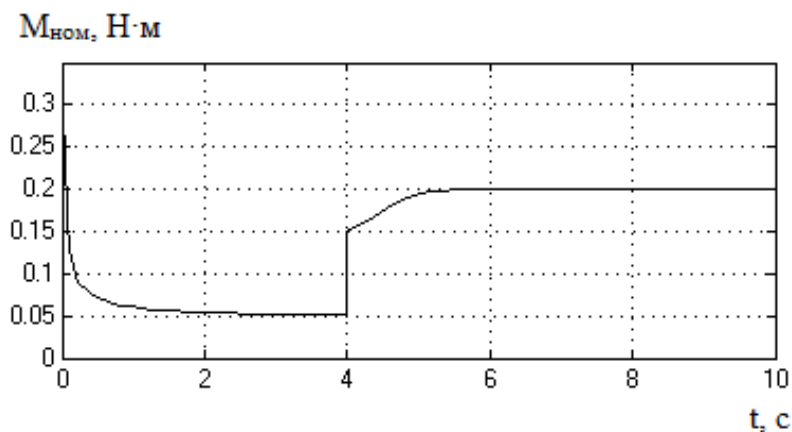


Рис. 6. Залежність моменту двигуна від часу на його виході.

На основі аналізу результатів динамічних характеристик моменту електродвигуна, наведені на рис. 6, можна зробити висновок, що у перехідному режимі роботи двигуна його момент зменшується.

Спираючись на результати отримані за допомогою розрахунків (3), (4) та програмного моделювання двигуна постійного струму в усталеному режимі рис. 6., можна зробити висновок, що розрахована величина моменту електродвигуна дорівнює величині отриманої за допомогою дослідженої імітаційної моделі.

### **Висновки**

Імітаційна модель, що запропонована у роботі дозволяє задавати залежність навантаження на валу двигуна від часу та розраховувати залежності частоти

обертання, струму, потужності та моменту двигуна від часу. Значення вищенаведених параметрів в усталеному режимі відповідають розрахункам та паспортним даним, що підтверджує можливість використання імітаційної моделі двигуна постійного струму на практиці.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Усольцев А. А. Общая электротехника: Учебное пособие. / А. А. Усольцев – СПб. : СПбГУИТМО, 2009. – 301 с.
2. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – 6-е изд., доп., перераб. / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер – М. : Энергоиздат, 1981. – 576 с.
3. Гребенников В. И. Электропривод: учеб. пособие к курсовому проектированию / В. И. Гребенников. – Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2009. – 75 с.
4. Терёхин В. Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В. Б. Терёхин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с.
5. Электродвигатели коллекторные однофазные последовательного возбуждения серии ДК76 : ТУ16-00 ИВБЕ.522541.101 ТУ [Электронный ресурс] / ОАО «Миассэлектроаппарат» : [http://miasselektroapparat.ru/upload/shop\\_products/ed/kollekt\\_odnofaz/1080\\_15.pdf](http://miasselektroapparat.ru/upload/shop_products/ed/kollekt_odnofaz/1080_15.pdf)
6. Bolton W. Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering (3rd Edition) / W. Bolton – New Jersey: Prentice Hall, 2004. – 574 p.

*Исследование динамических режимов двигателя постоянного тока в бытовой технике*

**Стаценко Д. В., Злотенко Б. М.**

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

*В статье исследованы динамические режимы двигателя постоянного тока в бытовой технике с помощью компьютерного программного продукта имитационного моделирования. Имитационная модель, предложенная в работе, позволяет задавать зависимость нагрузки на валу двигателя от времени и рассчитывать зависимости частоты вращения, тока, мощности и момента двигателя от времени. Значение вышеприведенных параметров в установившемся режиме соответствуют расчетам и паспортным данным, подтверждает возможность использования имитационной модели двигателя постоянного тока на практике. Разработана имитационная модель электропривода, которая позволяет определять динамические характеристики электродвигателя, используя паспортные данные.*

**Ключевые слова:** *электродвигатель, имитационная модель, динамические режимы, электропривод, постоянного тока*

*Research of the dynamic modes dc motors in household appliances*

**Statsenko D. V., Zlotenko B. M.**

*Kyiv national university of technologies and design*

*In paper the DC motor dynamic modes in household appliances are investigated using computer simulation software. The simulation model that proposed in this article, allows to set the dependence of the load on the motor shaft and to calculate the time dependence of the rotational speed, current, power and torque of time. The value of the above mentioned parameters in the steady-state calculations correspond to the nameplate data and confirms the possibility of using a DC motor simulation model in practice. A simulation model of the electric drive, which allows to determine the dynamic characteristics of the motor, using the technical data.*

**Keywords:** *electric motor, simulation model, the dynamic modes, electric drive, direct current*