

УДК 621.314.1

## СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Панчук С. А., Стаценко В. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

***Мета.** Розробка лабораторного стенду для дослідження системи керування побутової кухонної машини із електроприводом на базі ДПС.*

***Методика.** У роботі використані методи моделювання перехідних процесів у перетворювачах електричної енергії, що забезпечують живлення керованих електроприводів на базі двигунів постійного струму.*

***Результати.** В статті розглянуто принципи керування двигунами постійного струму з використанням мікроконтролерів. Розроблено систему керування на базі мікроконтролера ATmega328 та лабораторний стенд для дослідження її роботи. Створено математичну модель силової частини системи та наведено результати моделювання.*

***Наукова новизна.** Створено математичну модель системи керування, що запропонована, та наведено результати моделювання.*

***Практична значимість.** Отримані результати дозволяють проводити лабораторні дослідження систем керування двигунами постійного струму.*

***Ключові слова:** двигун постійного струму, система керування, мікроконтролер, датчик швидкості, лабораторний стенд*

Електричні приводи на базі двигунів постійного струму (ДПС) широко застосовуються різноманітному побутовому обладнанні [1]. Передусім це зумовлено їх здатністю забезпечувати широкий діапазон регулювання швидкості під навантаженням, яке може змінюватись у широкому діапазоні, та відносно простою конструкцією системи керування, що дозволяє створювати керований привод із невисокою вартістю. Ці особливості ДПС особливо актуальні у випадку їх використання у приводах кухонних машин. Такі машини мають декілька режимів роботи, що характеризуються різними швидкостями обертання робочих органів, та використовуються для обробки продуктів із різними фізико-механічними властивостями, які зумовлюють зміну навантаження на валу двигуна у широких межах. Ще однією проблемою, що виникає під час обробки продуктів у кухонних машинах, є забезпечення постійної швидкості обертання робочих органів. Оскільки густина та в'язкість деяких продуктів змінюється безпосередньо під час їх обробки, тобто є функцією часу, виникає необхідність у створенні слідкуючої системи для забезпечення сталої швидкості обертання валу двигуна.

Таким чином, розробка, дослідження та аналіз роботи систем керування кухонними машинами на базі двигунів постійного струму є важливою складовою підготовки фахівців з електропобутової техніки, що потребує відповідного лабораторного обладнання.

### **Постановка завдання**

Метою даної роботи є розробка та створення лабораторного стенду для дослідження системи керування електроприводом побутової кухонної машини із електроприводом на базі ДПС з постійними магнітами. Система має забезпечувати можливість зміни режимів роботи приводу та визначення швидкості обертання валу двигуна у процесі роботи. Інформація про поточні значення сигналів керування та швидкості обертання, що їм відповідають, має передаватись до персонального комп'ютера. Студенти повинні мати можливість зміни програми керування приводом.

### **Результати досліджень**

Основним способом керування швидкістю обертання ДПС є зміна величини напруги на його якорі. Оскільки живлення побутової техніки здійснюється від однофазної мережі змінного струму, для живлення ДПС ми використали систему з подвійним перетворенням вхідної напруги [2], структурна схема якої показана на рис. 1.

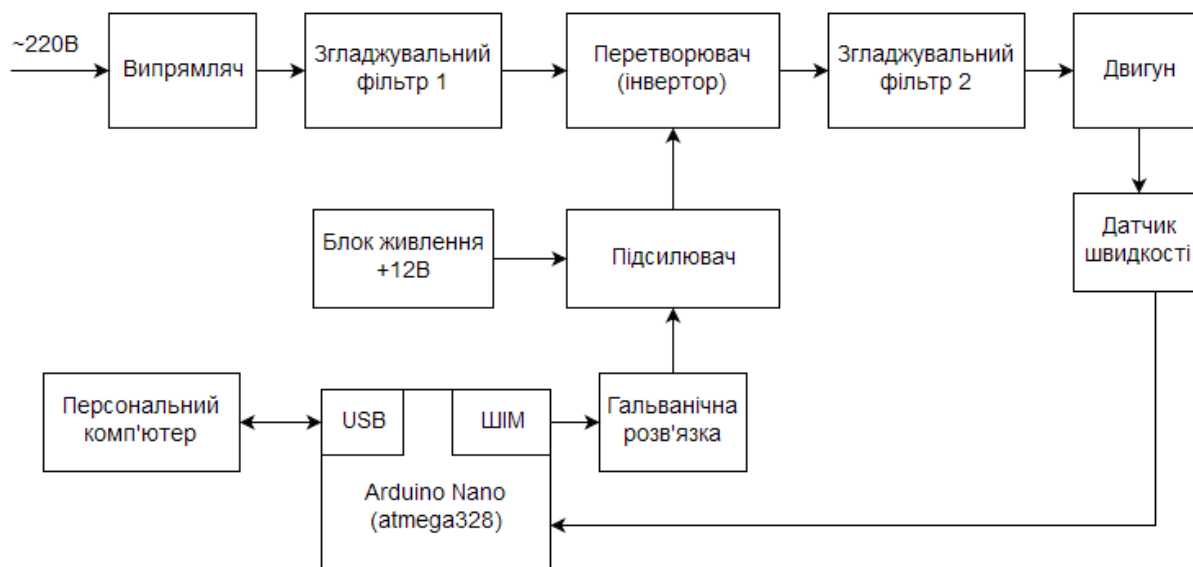


Рис. 1. Структурна схема системи керування приводом побутової кухонної машини

До її складу входять випрямляч, згладжувальний фільтр 1, керований перетворювач напруги, згладжувальний фільтр 2. Випрямляч та згладжувальний фільтр 1 здійснюють перетворення синусоїдальної напруги мережі живлення у постійну із

пульсаціями, що визначаються згладжувальною здатністю фільтру. Перетворювач забезпечує перетворення цієї постійної наруги у імпульсну із сталою частотою та скважністю, що визначається сигналами пристрою керування. Після проходження через згладжувальний фільтр 2 імпульсна напруга стає постійною, а її величина визначається значенням скважності імпульсів перетворювача. У випадку коли скважність дорівнює одиниці (100%), величина напруги на якорі двигуна є максимальною. Зменшення скважності призводить до відповідного зменшення напруги на якорі, а отже і зменшенні швидкості обертання двигуна.

З метою перевірки та аналізу роботи силової частини системи керування створено її математичну модель в середовищі Simulink програмного комплексу MatLAB. Результати моделювання показано на рис. 2.

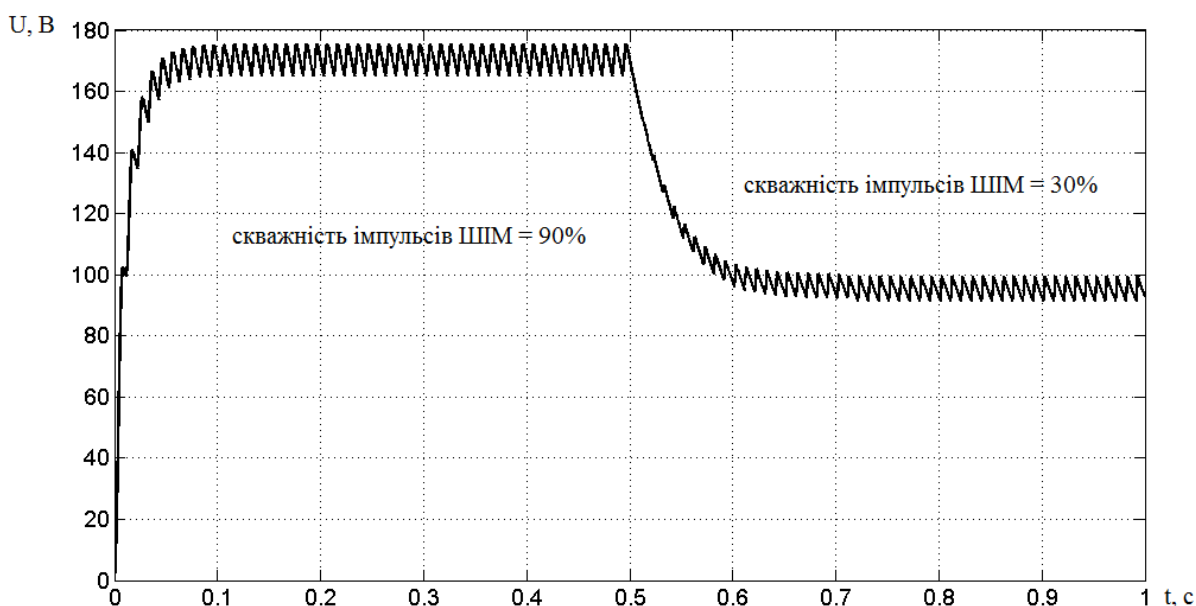


Рис. 2. Результати моделювання залежності напруги на якорі ДПС від скважності імпульсів керування

Перша частина графіку (від 0 до 0,08 с) відповідає пуску двигуна під час якого імпульси від пристрою керування надходять із скважністю 90%. За цей час конденсатор згладжувального фільтру заряджається і система переходить в усталений режим. Пульсації вихідної напруги на цьому інтервалі часу (від 0,08 до 0,5 с) відповідають періодам заряду та розряду конденсатора у згладжувальному фільтрі 2. У момент часу  $t = 0,5$  с промодельовано зменшення скважності імпульсів керування до 30%. Це призвело до поступового зменшення напруги на виході згладжувального фільтру 2 та,

відповідно, на якорі двигуна. Через 0,15 с система перейшла в усталений режим роботи але з меншою вихідною напругою. Отримані результати підтверджують, що у запропонованій системі напруга на якорі ДПС та, відповідно, його швидкість обертання визначається скважністю імпульсів керування.

Формування імпульсів керування у запропонованій системі здійснюється за допомогою широтно-імпульсного модулятора (ШІМ), що входить до складу мікроконтролера ATmega328. Під час роботи, мікроконтролер через заданий період часу визначає сигнали датчику швидкості та порівнює їх із заданими. Виходячи з результатів порівняння здійснюється поступове збільшення або зменшення скважності імпульсів ШІМ, що призводить до відповідної зміни швидкості обертання двигуна.

Для визначення швидкості у роботі використовується датчик Холла, що встановлений біля валу двигуна на якому закріплено постійний магніт. Під час обертання валу змінюється напрям магнітних силових ліній, що проходять через датчик Холла. В результаті на виході датчика формується послідовність прямокутних імпульсів частота яких є пропорційною швидкості обертання валу двигуна. Мікроконтролер за допомогою вбудованого таймеру формує зразкові інтервали часу на протязі яких визначається кількість імпульсів датчика Холла, тобто частота обертання валу.

Сигнали від ШІМ через гальванічна розв'язку та підсилювач передаються на затвори польових транзисторів інвертора. Гальванічна розв'язка забезпечує захист мікроконтролера від високих струмів та напруг у силовій частині системи, а підсилювач – необхідну величину струму для керування транзисторами.

Під час роботи системи в мікроконтролері зберігається наступна інформація про стан системи: задане користувачем значення швидкості, поточне значення швидкості (сигнали датчика Холла) та сигнали керування івертором (сигнали керування). Для аналізу цієї інформації передбачена її передача через USB-інтерфейс до персонального комп'ютера, що дозволяє виконати її аналіз та побудувати відповідні залежності за допомогою спеціалізованих програмних продуктів.

Важливою частиною підготовки студентів є набуття навичок із розробки алгоритмів та створення програм керування мікроконтролерами. Процес розробки будь-якої програми є ітераційним та у найпростішому випадку включає наступні етапи: написання програми, її компіляцію, програмування мікроконтролера, тестування, аналіз помилок. Для зменшення часу на виконання операцій компіляції та програмування доцільно використовувати сучасні плати для створення прототипів

систем керування. Тому для побудови даного лабораторного стенду ми використали платформу Arduino Nano [2], до складу якої входять: мікроконтролер ATmega328, USB інтерфейс та програматор. Таке рішення дозволило зменшити кількість пристроїв, що входять до складу лабораторного стенду та суттєво спростити процедуру його програмування. Ще однією перевагою платформи Arduino є наявність інтегрованого середовища розробки Arduino IDE та спеціалізованих програмних бібліотек для роботи із периферійними пристроями мікроконтролера, що зменшує час на написання програм.

### **Висновки**

Система керування двигуном постійного струму та лабораторний стенд, що розроблені у роботі забезпечують можливість:

- створення програм керування двигуном за заданим алгоритмом;
- створення слідкуючої системи керування;
- визначення поточної швидкості обертання валу двигуна;
- передачу інформації про параметри системи керування до персонального комп'ютера для подальшої її обробки;
- перепрограмування мікроконтролера.

Таким чином, під час виконання лабораторної роботи студенти матимуть можливість досліджувати різні режими роботи ДПС та набувати навичок розробки програм керування сучасними мікроконтролерами. Також важливою перевагою є не висока вартість системи, що запропонована.

### **Список використаних джерел**

1. Електропобутова техніка: Навчальний підручник / [Петко І. В., Бурмістенков О. П., Кострицький В. В. та ін.]. – К. : КНУТД, 2009. – 204 с.
2. Перетворювальна техніка [Текст] : підручник. – Х. : Фоліо. Ч. 2 / упор. В. С. Руденко. – 2000. – 360 с.
3. Arduino Nano [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano>

### **References**

1. Elektropobutova tekhnika: Navchalnyi pidruchnyk / [Petko I. V., Burmistenkov O. P., Kostytskyi V. V. ta in.]. – K. : KNUTD, 2009. – 204 s.

2. Peretvoriuvalna tekhnika [Tekst] : pidruchnyk. – Kh. : Folio. Ch. 2 / upor. V. S. Rudenko. – 2000. – 360 s.
3. Arduino Nano [Elektronnyi resurs] / Rezhym dostupu: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano>

**Система управления двигателем постоянного тока с постоянными магнитами**

**Панчук С. А., Стаценко В. В.**

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка лабораторного стенда для исследования системы управления бытовой кухонной машины с электроприводом на базе ДПТ.

**Методика.** В работе использованы методы моделирования переходных процессов в преобразователях электрической энергии, питающих управляемые электроприводы на базе двигателей постоянного тока.

**Результаты.** В статье рассмотрены принципы управления двигателями постоянного тока с использованием микроконтроллеров. Разработаны система управления на базе микроконтроллера ATmega328 и лабораторный стенд для исследования ее работы. Создана математическая модель силовой части системы и приведены результаты моделирования ее работы.

**Научная новизна.** Создана математическая модель предложенной системы управления и приведены результаты моделирования.

**Практическая значимость.** Полученные результаты позволяют проводить лабораторные исследования систем управления двигателями постоянного тока.

**Ключевые слова:** двигатель постоянного тока, система управления, микроконтроллер, датчик скорости, лабораторный стенд

**The control system for DC motor with permanent magnet**

**Panchuk S. A., Statsenko V. V.**

*Kiev national university of technology and design*

**Purpose.** The laboratory stand development for the study of household kitchen machine control system with electric drive on the DC motor basis.

**Methodology.** The modeling methods of transients processes in electric power converters, that are used for supplying controlled electric drives on the DC motors basis, were used in the work.

**Findings.** The article describes the principles of DC motor control using microcontrollers. Control system based on ATmega328 microcontroller and the laboratory stand for the study of it work are developed. A mathematical model of the system power part is developed and the simulation results of its operation are shown.

**Originality.** Mathematical model of the proposed control system was created, and the simulation results were shown.

**Practical value.** The results allow to carry out laboratory tests of DC motor control systems.

**Keywords:** DC motor control system, microcontroller, speed sensor, laboratory equipment