

УДК 621.3

**АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАПРЯМКОМ ПОВІТРЯ
ПОБУТОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА****Тесленко А. В., Стаценко В. В.***Київський національний університет технологій та дизайну*

Мета. Метою роботи є підвищення рівня повітрообміну в зоні робочого місця за рахунок адаптивного керування напрямком повітря побутового вентилятора.

Методика. У роботі використані методи розрахунку електромеханічних приводів, математичного моделювання, статистичної обробки експериментальних даних та аналізу електронних систем.

Результати досліджень. Розроблено адаптивну систему керування побутовим вентилятором, що дозволяє визначати переміщення людини у приміщенні. Проведено аналітичні дослідження приводу вентилятора та експериментальні дослідження параметрів датчика відстані.

Наукова новизна. Досліджено можливості визначення положення людини у приміщенні та створення на основі цієї інформації системи керування напрямком повітря побутового вентилятора.

Практична значимість. Розроблено адаптивну систему керування напрямком повітря побутового вентилятора.

Ключові слова: побутовий вентилятор, сервопривод, система керування, ультразвуковий датчик

Побутові вентилятори є одними з найбільш розповсюджених пристроїв для забезпечення руху повітря у приміщенні. Застосування таких пристроїв є особливо актуальним влітку, оскільки дозволяє людині легше переносити спеку. Сьогодні промисловістю випускаються сотні різноманітних конструкцій побутових вентиляторів, які розрізняються потужністю, розмірами, швидкістю обертання лопатей, можливістю керування напрямком повітря та іншими параметрами. Більшість моделей забезпечує рух повітря у фіксованому напрямку, який можна змінити тільки переставив вентилятор. Також існують моделі, що автоматично повертаються у певному діапазоні кутів із заданою частотою. Така конструкція дозволяє більш рівномірно розподілити рух повітря у приміщенні але має більшу вартість. Водночас, в ряді випадків доцільно розташовувати вентилятор таким чином, щоб він був направлений у бік людини, яка знаходиться поряд з ним. Цю задачу просто вирішити якщо людина не пересувається, а працює, наприклад, за письмовим столом. Але такий режим роботи не завжди можна забезпечити. В таких випадках необхідно постійно повертати вентилятор, що незручно робити вручну. Це зумовлює потребу у створенні адаптивної системи, яка дозволить визначати положення

людини у приміщенні та автоматично повертати вентилятор у випадку її переміщення.

Постановка завдання

Завданням роботи є розробка конструкції системи адаптивного керування [1] побутовим вентилятором, яка дозволить змінювати напрям повітря у випадку переміщення людини.

Результати досліджень

У роботі в якості об'єкту керування обрано вентилятор моделі Only M3GFT із діаметром лопатей 96 мм та потужністю 2,5 Вт. Компактні розміри та невелика вага зменшують вимоги до потужності приводу, який забезпечує переміщення вентилятора навколо вертикальної вісі, що значно спрощує створення прототипу.

На рис. 1 показано зовнішній вигляд та складові компоненти запропонованої системи.

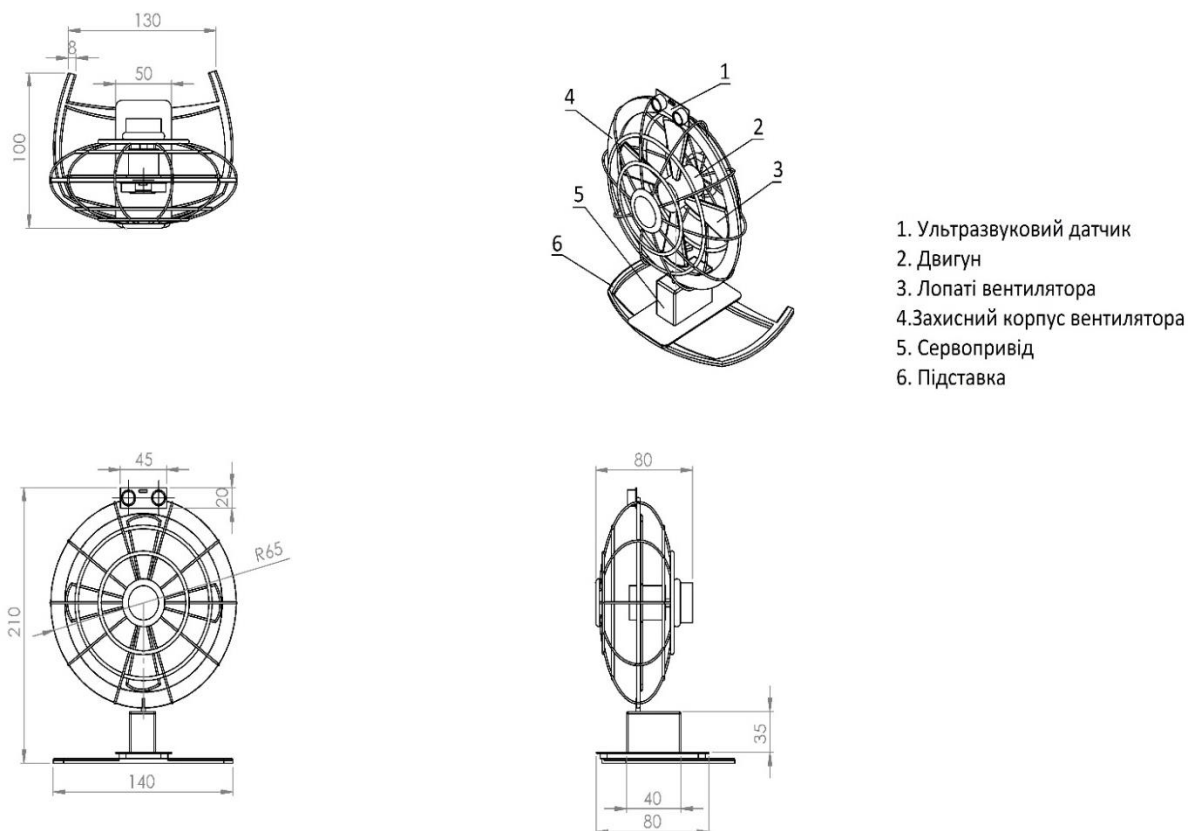


Рис. 1. Побутовий вентилятор із адаптивною системою керування

Визначення відстані до людини здійснюється за допомогою ультразвукового датчика [3] HC-SR04. Обертання вентилятора навколо вертикальної вісі здійснюється за

допомогою сервоприводу типу Futaba S3003 із максимальним обертальним моментом 4,1 кг/см. Зазначені пристрої мають напругу живлення 5В, що дозволяє керувати ними за допомогою мікроконтролерів виробництва Atmel, що входять до складу платформи Arduino [2].

Після запуску системи, датчик через задані проміжки часу формує ультразвукову хвилю, яка відбивається від об'єктів, що знаходяться поряд із ним та фіксується приймачем датчика. Відстань до об'єкта визначається різницею часу між відправкою та поверненням хвилі. На першому етапі створюється карта відстаней до об'єктів, що знаходяться у приміщенні. Для цього сервопривод повертає вентилятор із крайнього лівого положення у крайнє праве із заданим кроком. На кожному кроці мікроконтролер зчитує та запам'ятовує сигнал датчика і положення сервоприводу. Далі мікроконтролер визначає мінімальну відстань та подає команду повернути вентилятор у відповідне положення.

Після цього система переходить у слідкуючий режим роботи. Визначення відстані, тобто сигналу датчика, здійснюється постійно через задані проміжки часу. У випадку переміщення людини ця відстань змінюється і система переходить у режим пошуку. Для цього мікроконтролер подає сигнали керування на сервопривод, які повертають його на заданий кут, та повторює процедуру визначення відстані. Процес зупиняється коли датчик починає передавати нову мінімальну відстань до об'єкта. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що для запропонованої системи час визначення положення найближчого об'єкта не перевищує 3 с.

У роботі проведено аналіз та розрахунки потужність приводу, моменту інерції вентилятора та загального динамічного моменту на валу сервопривода.

Потужність сервоприводу визначається за формулою:

$$P = k_3 \frac{Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2},$$

де k_3 – коефіцієнт запасу, Q – продуктивність вентилятора, H – тиск, η_1 – ККД вентилятора, η_2 – ККД передачі.

Момент інерції вентилятора визначено як момент твердого тіла, що обертається відносно довільної осі, за теоремою Штейнера:

$$J_c = \frac{2}{3} mR^2,$$

де m – маса вентилятора, R – радіус вентилятора.

Загальний динамічний момент визначено за формулою:

$$M_d = J_c \frac{d\omega}{dt},$$

де J_c – момент інерції вентилятора, ω – кутова швидкість валу, t – час перехідного процесу пуску двигуна.

З метою визначення кроку повороту валу сервоприводу та точності системи проведено дослідження характеристик ультразвукового датчика. Для цього побудовано його діаграму направленості, яка представлена на рис. 2.

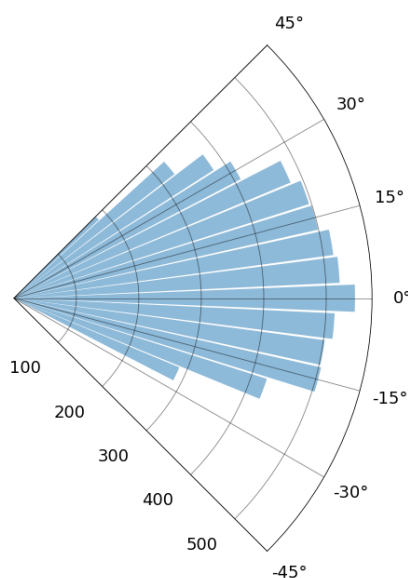


Рис. 2. Діаграма направленості ультразвукового датчика відстані Only M3GFT

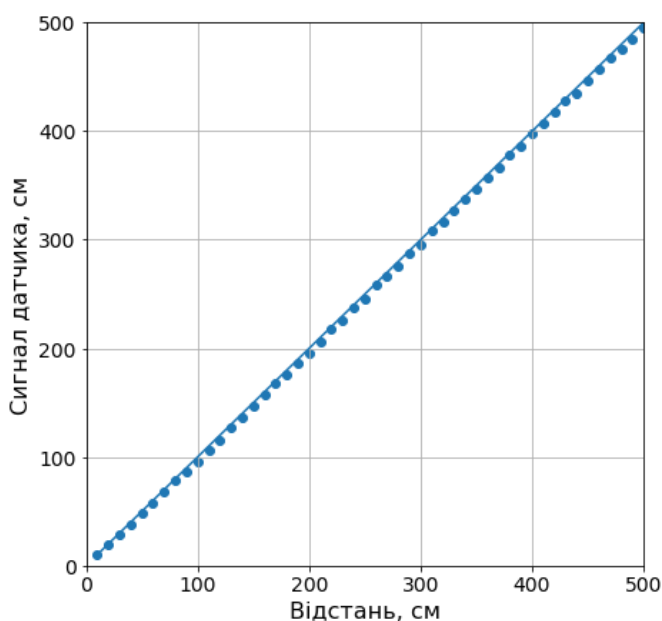


Рис. 3. Залежність сигналів ультразвукового датчика відстані Only M3GFT від фактичної відстані

В результаті її аналізу встановлено, що максимальна відстань, яку може виміряти датчик становить 5,46 м. Несиметричність діаграми пояснюється тим, що передавач та приймач ультразвукової хвилі розташовані несиметрично відносно вісі обертання вентилятора, таким чином, максимальні значення кутів за яких датчик здатний зафіксувати відстань до об'єкта становлять -25^0 та 45^0 праворуч та ліворуч від центру датчика, відповідно. Також слід врахувати, що максимальна відстань, яку фіксує датчик, зменшується із збільшенням величини кута, тому крок повороту сервоприводу має знаходитись у межах $\pm 10^0$, що забезпечує визначення відстані у межах 5 м.

Також проведено дослідження точності датчика відстані (рис. 3). Для цього об'єкт розташовувався на заданій відстані від датчика та вимірювався його сигнал. Об'єкт переміщувався із кроком 10 см і вимірювання повторювалось для кожного нового положення. Візуальний аналіз значень сигналів свідчить, що залежність між ними та фактичною відстанню має практично лінійний характер, тобто залежність можна записати у вигляді:

$$S_d = aS_\phi + b,$$

де S_d – сигнал датчика, S_ϕ – фактична відстань, a , b – коефіцієнти рівняння регресії.

Значення коефіцієнтів a та b розраховано методом найменших квадратів, в результаті отримані наступні значення:

$$S_d = 1,0042 S_\phi + 2,057,$$

Перевірку адекватності отриманої моделі здійснюємо за допомогою методу Фішера. Для цього за отриманим рівнянням регресії визначаємо розрахункові значення сигналів ультразвукового датчика відстані для всіх точок в яких ми проводили дослідження.

$$\hat{S}_d = 1,0042 S + 2,057.$$

Після цього визначаємо дисперсії для розрахованих та вимірянних сигналів датчика.

Значення критерію Фішера визначаємо за формулою:

$$F_P = \frac{\sigma_{S_d}^2}{\sigma_{\hat{S}_d}^2},$$

де $\sigma_{S_d}^2$ та $\sigma_{\hat{S}_d}^2$ – дисперсії розрахованих та вимірянних сигналів датчика, відповідно.

За результатами розрахунків отримано значення $F_P = 1,021$.

Табличне значення критерію Фішера $F_T = 1,57$. Таким чином, виконується умова $F_P < F_T$, що свідчить про адекватність отриманої математичної моделі.

Висновки

1) Розроблена система керування повітряним потоком побутового вентилятора, що дозволяє визначати положення людини у кімнаті та адаптивно змінювати напрямок повітря.

2) Представлені розрахунки потужності приводу, моменту інерції вентилятора та загального динамічного моменту на валу сервопривода. Встановлено, що запропонована система дозволяє визначити положення людини у приміщенні за час, що не перевищує $t = 3$ с.

3) На основі результатів експериментальних досліджень отримана математична модель сигналу датчика відстані та визначено, що крок обертання валу сервопривода повинен знаходитись у межах $\pm 10^0$, що забезпечує визначення відстані до об'єкту в межах 5 м.

4) Запропонована система створена на базі комплектуючих, які серійно випускаються промисловістю, що дозволило знизити її вартість.

Список використаних джерел

1. Іванов Ю. І. Мікропроцесорні пристрої систем управління: Навчальний посібник / Ю. І. Іванов – Таганрог: Видавництво ТРТУ. – 2005. – 135 с.
2. Соммер У. Програмування мікроконтролерних плат Arduino / У. Соммер - Philadelphia: SIAM. – 2012. – 241 с.
3. Методи вимірювання відстані / Ю. В. Киричук, Р. В. Бичук // Вісник інженерної академії України. – 2012. – № 2. – С. 73-77.

References

1. Ivanov, Yu.I. (2005). *Mikroprotsesorni prystroi system upravlinnia* [Microprocessor control systems] Tahanroh: Vydavnytstvo TRTU. [in Ukrainian].
2. Sommer, U. (2012). *Prohramuvannia mikrokontrolernykh plat Arduino* [Programming of Arduino Microcontroller Boards] Philadelphia: SIAM. [in Ukrainian].
3. Kyrychuk, Yu.V., Bychuk, R.V. (2012). *Metody vymiriuvannia vidstani* [Measuring distance methods] Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy. [in Ukrainian].

Teslenko Andriy
ateslenko2014@gmail.com
Kyiv National University of
Technologies and Design

Statsenko Volodymyr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3932-792X>
ResearcherID: [C-3646-2017](https://orcid.org/C-3646-2017)
statsenko.v@knutd.edu.ua
Kyiv National University of
Technologies and Design

Адаптивная система управления направлением воздуха бытового вентилятора

Тесленко А. В., Стаценко В. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Целью работы является повышение уровня воздухообмена в зоне рабочего места за счет адаптивного управления направлением воздуха бытового вентилятора.

Методика. В работе использованы методы расчета электромеханических приводов, математического моделирования, статистической обработки экспериментальных данных и анализа электронных систем.

Результаты исследований. Разработана адаптивная система управления бытовым вентилятором, позволяющая определять перемещения человека в помещении. Проведены аналитические исследования привода вентилятора и экспериментальные исследования параметров датчика расстояния.

Научная новизна. Исследованы возможности определения положения человека в помещении и создания на основе этой информации системы управления направлением воздуха бытового вентилятора.

Практическая значимость. Разработана адаптивная система управления направлением воздуха бытового вентилятора.

Ключевые слова: бытовой вентилятор, сервопривод, система управления, ультразвуковой датчик

Adaptive airflow control system for domestic fan

Teslenko A. V., Statsenko V. V.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. The work aim is to increase the workplace area air exchange level in due to adaptive control of the domestic fan air direction.

Methodology. The paper used methods for calculating electromechanical drives, mathematical modeling, experimental data statistical processing and electronic systems analysis.

Findings. An adaptive control system for a household fan has been developed, which allows one to determine the person movement in a room. The fan drive analytical and experimental studies of the distance sensor parameters were carried out.

Originality. The possibilities of determining a person position in the room and creating, based on this information, a control system for the direction of a domestic fan air are investigated.

Practical value. An adaptive airflow control system for a domestic fan has been developed.

Keywords: household fan, servo, control system, ultrasonic sensor