

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ В РЕМОНТНІЙ МАЙСТЕРНІ

Хандола Ю. М., Лісняк А. О., Середин М. Ю., Бало Д. Ю.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Розроблена інтелектуальна енергозберігаюча системи керування регульованими електроприводами для вентиляційних установок в ремонтних майстернях та гальванічних цехах з автоматичним підтриманням продуктивності всмоктування шкідливих речовин у повітрі.*

**Постановка проблеми.** В ремонтних майстернях та гальванічних цехах джерелами небезпеки є технологічні процеси нанесення покриттів, підготовки поверхні, приготування розчинів та електролітів. Розчини лугу, кислоти, солі впливають на організм людини і можуть викликати отруєння або профзахворювання. Крім того, велика кількість промивних ванн у приміщенні створює підвищену вологість. Нормальні для роботи умови забезпечуються гарним освітленням, припливно-витяжною вентиляцією і підтримкою нормальної температури повітря в цеху.

Існують норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочих приміщень. Ці норми включають багато речовин, що виділяються в процесі роботи гальванічного обладнання (бризки та пил хімікатів, пари кислот, пари розчинників і т.п.). Для того, щоб їх концентрація не перевищила допустиму межу, застосовуються різні заходи. Найбільш поширеною і найбільш дієвою з них є обладнання цеху припливно-витяжною вентиляцією, призначення якої за рахунок обміну повітря, відсмоктування забрудненого і подачі свіжого, підтримувати вміст шкідливих речовин у повітрі гальванічного цеху на рівні, що не перевищує вимог ГДК.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведений аналіз вентиляційних установок показав, що місцева витяжна вентиляція забезпечує вловлювання шкідливих виділень (газів, парів, пилу) безпосередньо в місцях їх виділення, а відтак запобігає їх поширенню в приміщенні. У промисловості застосовують різноманітні місцеві відсмоктувачі, які можна умовно поділити на відсмоктувачі відкритого та закритого типу. Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом. Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування.

Для ремонтних майстерень або гальванічних цехів доцільно використовувати місцеву витяжну вентиляцію. Вона дає можливість швидко і ефективно вилучати шкідливі речовини, що виділяються в процесі виробництва. В таких приміщеннях розгалужена система повітропроводів та велика кількість робочих місць, вибираємо комбінований спосіб регулювання повітрообміну, тобто регулювання повітрообміну за

допомогою зміни поперечного перерізу повітропроводу, та зміни частоти обертання приводного двигуна вентилятора.

**Мета статті.** Розробка інтелектуальної енергозберігаючої системи керування регульованими електроприводами для вентиляційних установок в ремонтних майстернях та гальванічних цехах з автоматичним підтриманням продуктивності всмоктування шкідливих речовин у повітрі.

**Основні матеріали дослідження.** Як правило установка складається з вентилятора, приводного двигуна, перетворювача частоти, системи повітропроводів, механічних заслінок, та щита керування [1].

На початку зміни вмикається вентилятор та починає всмоктувати повітря від усіх робочих місць але, як показує практика приблизно половина технологічного процесу при цьому не задіяна, тобто відводити повітря необхідно тільки з 50 % всмоктувачів. Для зменшення споживання електроенергії необхідно вентилятувати тільки задіяні робочі місця, а інші закрити заслінками. Для цього потрібно застосувати регульований електропривод, який в автоматичному режимі буде підтримувати задану швидкість повітря у всмоктувачах, що покращить умови праці персоналу, збільшить строк служби обладнання та зекономить електроенергію.

Для контролю швидкості руху повітря у витяжних каналів всмоктувачів пропонується використати розроблений цифровий анемометр WSM-1R-C. Пристрій дозволяє контролювати швидкість руху повітря, а в разі його зміни передавати сигнал на перетворювач частоти, який регулює частоту обертання приводного двигуна для підтримання швидкості руху повітря в заданих межах.

Для перетворення неелектричної величини в електричну, параметри якої змінюються в залежності від варіації швидкості руху повітря, використовується датчик. Основою обраного датчика є крильчатка з приєднаним постійним магнітом та датчик Холла. Для необхідної точності  $\pm 0,1$  м/с можна вважати, що залежність вихідної електричної величини, якою в даному випадку є частота прямокутних імпульсів, від вхідної (швидкість руху повітря) є лінійною, тобто:

$$f_i = \alpha \cdot V$$

де  $\alpha$  - сталий коефіцієнт, що залежить від конструкції датчика.

В застосованому приладі, принципова електрична схема якого показана на рис. 1, сталий коефіцієнт  $\alpha$

був знайдений експериментальним шляхом при встановленні пристрою та датчика на лабораторний стенд.

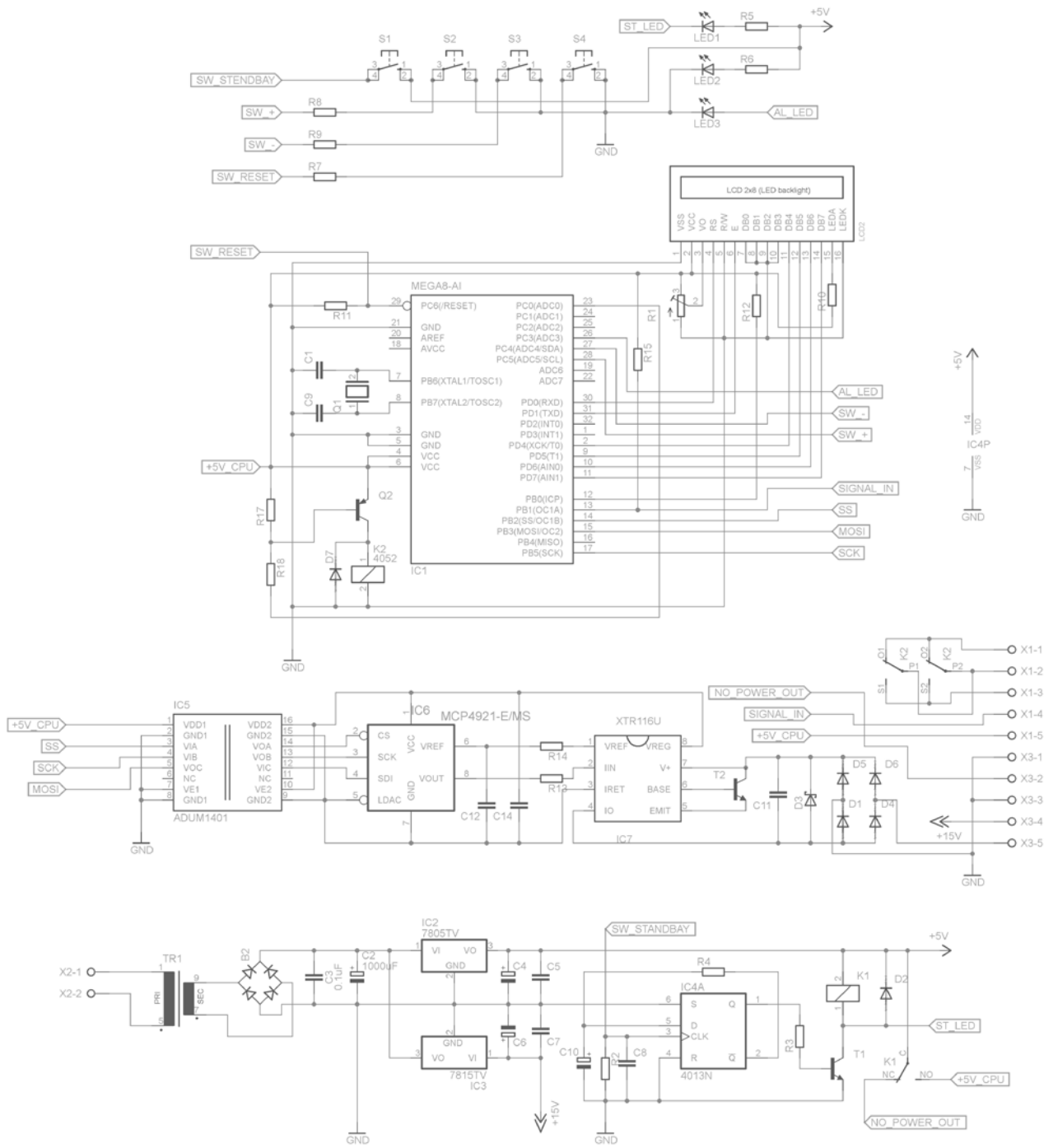


Рисунок 1 – Принципова електрична схема цифрового анемометра

Програмне забезпечення пристрою автоматично знаходить даний коефіцієнт при подачі на анемометр деякої зразкової швидкості повітря  $V_{real}$ , яка безпосередньо обертає крильчатку датчика за визначений проміжок часу момент часу. Числове значення коефіцієнту знаходиться згідно формули:

$$\alpha = \frac{f_i}{V_{real}}$$

$$V = \frac{f_i}{\alpha}$$

Тоді швидкість руху повітря буде дорівнювати:

$$V = \frac{f_i}{\alpha}$$

Тоді швидкість руху повітря буде дорівнювати:

Значення зразкової швидкості  $V_{real}$  необхідне лише при першому встановленні пристрою, і вимірюється еталонним анемометром, який забезпечує необхідну точність. Надалі, після обчислення пристроєм, константа  $a$  зберігається в енергонезалежній пам'яті EEPROM мікроконтролера і поновлюється після повторного увімкнення живлення автоматично.



Рисунок 2 – Загальний вигляд цифрового анемометру

Так як в даному пристрої використовується датчик з частотним виходом, то необхідна схема вимірювання частоти, для подальшої її обробки та виведення у вигляді швидкості руху повітря. Для виконання цих функцій застосовано мікропроцесор архітектури RISC – ATMEGA8, компанії ATMEL. Він має необхідний набір периферійних пристроїв, об'єм пам'яті, портів вводу виводу та інших характеристик для виконання поставленої задачі. Для вимірювання частоти використовується інтегрований таймер/лічильник T1, що працює в режимі "захвату імпульсу". Це режим в якому, таймер/лічильник працює як лічильник, з частою такту 2 МГц. При появі на вході захвату ICP мікропроцесора активного фронту сигналу, значення лічильника зберігається в буфер, при появі наступного активного фронту від нового значення лічильника віднімається значення буферу.

Таким чином знаходиться кількість тактів лічильника за час періоду прямокутного сигналу. Частота сигналу буде дорівнювати:

$$f = \frac{2000000}{CR - bufer}$$

Для стабілізації показань швидкості, використовується алгоритм "ковзаючого середнього". При цьому спочатку знаходиться середнє значення 10 перших послідовно визначених значень швидкості, потім від суми віднімається перша з 10 визначених значень швидкості і замість неї підсумовується результат поточного обчислення, і знову визначається середнє значення, весь алгоритм повторюється:

$$V_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^{10} V_i - V_1 + V_{nom}}{10}$$

де -  $V_i$  – виміряна швидкість руху повітря в повітропроводі.

Даний пристрій має схему формування аналогового сигналу (струм 4..20 мА) на одному із своїх виходів який функціонально залежить від виміряної середньої швидкості повітря. Для зв'язку мікропроцесора із блоком токової петлі використовується цифровий послідовний інтерфейс SPI по якому відбувається передача чисельного значення напруги, функціонально пов'язаного із швидкістю повітря до блоку джерела струму. Він складається з цифро – аналогового перетворювача MCP4921, цифрового ізолятора сигналів ADuM1401, та перетворювача напруга – струм.

Значення напруги, що має встановитися на виході АЦП, передається у вигляді 12-бітного числа від 800 – 0,8 В (що в подальшому буде перетворено на напругу 4 мА) до 4000 – 4 В (що в подальшому буде перетворено на напругу 20 мА) і обчислюється за формулою:

$$V = \left( \frac{V_{midl} \cdot 3200}{CL_{max}} \right) + 800$$

де  $CL_{max}$  – значення швидкості повітря, при якій струм в токовій петлі буде відповідати 20 мА.

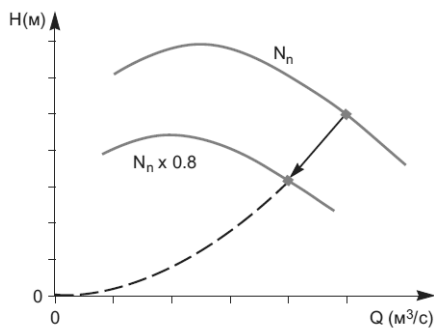
Величина  $CL_{max}$  задається користувачем в режимі налаштувань приладу. Далі напруга з виходу АЦП приходить на вхід мікросхеми XTR116, яка є одночасно і перетворювачем напруга – струм з лінійною залежністю. За рахунок неї реалізується інтерфейс аналогової токової петлі. Живлення блоку струмової петлі відбувається безпосередньо від окремого стабілізатора напруги 15 В. При появі навантажувального резистора в токовій петлі (опір кола петлі частотного перетворювача) струм від джерела 15 В послідовно проходить через саму петлю, кола стабілізації XTR116, а також інтегрованого в неї стабілізатора напруги, на виході якого з'являється 5 В. Стабілізатор використовується для живлення АЦП і цифрового ізолятора.

Для роботи інтегрованого стабілізатора необхідно, щоб напруга на його вході була не менше 7 В, а так як він послідовно увімкнений з інтерфейсом струмової петлі, то падіння напруги при максимальному струмі 20 мА на резисторі має бути не більше ніж 8 В. Отже максимально допустимий опір навантажувального резистора в петлі визначаємо за законом Ома і отримуємо 400 Ом. Для частотного перетворювача Altivar 312 компанії Schneider Electric, який встановлений на лабораторному стенді, даний опір складає 250 Ом, що є допустимим [2].

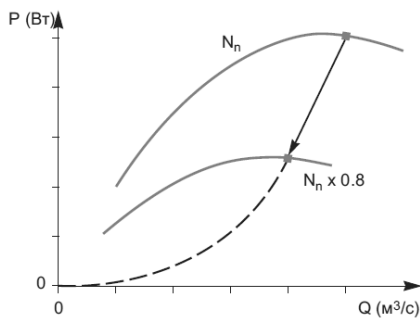
В ході проведення дослідження на розробленому лабораторному стенді, що показаний рис.3, були отримані робочі характеристики частотно-регульованого електроприводу вентиляційної установки [3] – зміни подачі вентилятора та потужності електродвигуна (рис 3).



Рисунок 3 – Лабораторний стенд по дослідженню інтелектуальної енергозберігаючої системи керування регульованими електроприводами для вентиляційних установок з автоматичним підтриманням продуктивності всмоктування шкідливих речовин



а)



б)

Рисунок 4 – Отримані характеристики частотно-регульованого електроприводу вентиляційної установки:

- а) зміна подачі вентилятора на різних швидкостях;
- б) зміна потужності електродвигуна на різних швидкостях.

В разі встановлення іншого частотного перетворювача необхідно перевірити на відповідність опір його кола струмової петлі ( $R_{cl} < 400$  Ом). В разі невиконання даної умови [4], необхідно використовувати зовнішнє джерело живлення струмової петлі з підвищеною напругою до 30 В. Для цього під кришкою приладу необхідно знайти джампер і перекинути його в інше положення відносно центрального конта-

кту, а також витягнути штекер живлення 15 В з блоку живлення приладу.

**Висновок.** В результаті розробки інтелектуальної енергозберігаючої системи керування регульованими електроприводами для вентиляційних установок в ремонтних майстернях та гальванічних цехах з автоматичним підтриманням продуктивності всмоктування шкідливих речовин у повітрі на основі лабораторного стенду отримано можливість оптимізувати режим роботи в залежності від кількості зайнятих робочих місць.

#### Список використаних джерел

1. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання: Навчальний посібник / І. М. Голодний, Ю. М. Лаврінченко, М. В. Синявський та ін. // За ред. Голодного І. М. –К.: Аграр. Медіа Груп, 2012. – 513 с.
2. Jacques Schonek, Yves Nebon Устройства защиты низкого напряжения и частотные регуляторы скорости. Библиотечка электрика (публикации компании "Шнейдер электрик") – К.: ДИА, 2011. - Вып. 13. – 36 с.
3. Энергоэффективность. Преимущества применения частотно-регулируемого привода в насосных, вентиляционных и компрессорных установках. Библиотечка электрика (публикации компании "Шнейдер Электрик"). К.: ДИА, 2010. – Вып. 12. - 32 с.
4. Клепиков В.Б. Динамика электромеханических систем с нелинейным трением: монография / В.Б. Клепиков – Харьков: Из-во "Підручник НТУ ХПІ"; 2014. – 408 с.

#### Аннотация

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКОЙ В РЕМОНТНОЙ МАСТЕРСКОЙ

Хандола Ю. М., Лисняк А. А., Середин М. Ю.,  
Бало Д. Ю.

*Разработана интеллектуальная энергосберегающая системы управления регулируемыи электроприводами для вентиляционных установок в ремонтных мастерских и гальванических цехах с автоматическим поддержанием продуктивности всасывания вредных веществ в воздухе.*

#### Abstract

### INTELLIGENT CONTROL VENTILATION SYSTEMS A REPAIR SHOP

Y. Handola, A. Lisnyak, M. Seredin, D. Balo

*The developed intelligent energy saving electric adjustable control system for ventilation installations in repair shops and electroplating workshops with automatic maintenance efficiency absorption of harmful substances in the air.*