

С.С. Кравченко, А.П. Кузьменко, Д.К. Ободець

ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ ARDUINO ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Сучасна вимірювальні системи, що використовуються при дослідженні двигунів внутрішнього згоряння потребують значних інвестицій. Універсальна платформа Arduino, пропонує готові потужні апаратні модулі збору даних (шлуди) та управління, які працюють у широкому діапазоні частот і амплітуд сигналів, забезпечують їх аналіз і обробку, дозволяють реалізовувати управління обладнанням, а також мають порівняно не високу вартість та безкоштовне програмне забезпечення з стандартними бібліотеками. Вказані факти свідчать за високу актуальність використання платформи Arduino при дослідженні двигунів внутрішнього згоряння. Метою даної роботи є визначення можливостей та особливостей використання програмно-апаратної платформи Arduino при дослідженні процесів, що відбуваються в енергетичних силових установках із двигунами внутрішнього згоряння, раннього прототипування їх систем керування та діагностування. В роботі розглянуто можливість апаратного та програмного підключення датчиків вимірювання основних фізичних величин до платформи Arduino: частоти обертання колінчастого валу (на основі індукційних датчиків та датчиків Холла), тиску, витрати повітря та палива, температур (датчиків опору та термопар). Крім того, наведені характеристики (залежність вимірювального параметру від вихідної величини) деяких популярних датчиків, що використовуються при дослідженні двигунів внутрішнього згоряння. Важливо врахувати, що обладнання, яке використовується для дослідження процесів в ДВЗ, повинно відповідати вимогам сертифікації. У випадку з Arduino ця сертифікація може бути відсутньою. Однак рекомендації щодо використання різних датчиків, шлудів та плат Arduino можна застосовувати, якщо вимірювальна величина не є визначальною. Важливо врахувати ці обмеження та використовувати Arduino з розумінням можливостей та обмежень платформи. Використання Arduino у навчальному процесі при підготовці фахівців в галузі енергетичного машинобудування та при дослідженні енергетичних установок транспортних засобів дозволяє надати студентам можливість застосувати знання, вміння та навички, набуті у процесі навчання, на апаратному та програмному рівнях, що створить додаткову мотивацію до подальшого вивчення пристрою та принципів роботи автоматизованих та автоматичних систем керування транспортних засобів.

Ключові слова: Arduino; датчики; сигнали датчиків; випробування ДВЗ

Вступ

Проведення експериментальних досліджень силових агрегатів транспортних засобів або розробка електронних пристроїв для керування ними вимагає використання експериментальних моделей різноманітних приладів вимірювання фізичних параметрів. Сучасна електронна база та вимірювальна апаратура дають широкі можливості для експериментатора і дозволяють реалізовувати вимірювальні системи, які не тільки збирають дані, а й організують зворотний зв'язок для управління експериментальною установкою. Однак для створення спеціалізованої вимірювальної системи потрібні значні інвестиції, а також високий інженерно-технічний рівень розробників.

З іншого боку, універсальні платформи, що пропонують готові потужні апаратні модулі збору даних та управління, які працюють у широкому діапазоні частот і амплітуд сигналів, забезпечують їх аналіз і обробку, а також дозволяють реалізовувати управління обладнанням за допомогою легких у освоєнні мов програмування, мають при вирішенні ряду завдань недостатню гнучкість. Вони відрізняються високою вартістю і часто вимагають використання значних робочих площ. У такій ситуації певну перевагу має програмно-апаратна платформа Arduino [1].

За допомогою платформи Arduino може бути ефективно і швидко вирішено цілу низку завдань, пов'язаних із постановкою фізичного експерименту. Платформу відрізняє крім низької ціни, наявність безкоштовного програмного забезпечення, можливість швидкого освоєння за рахунок використання спрощених мов програмування, мінімальні вимоги до наявності додаткових елементів та монтажного обладнання. При цьому платформа надає широкі можливості по генерації сигналів, збору даних та управлінню ходом експерименту.

Додатково особливість платформи Arduino складається в тому, що для роботи з нею не потрібно бути програмістом, не потрібно спеціальних знань про те, як працює мікроконтролер, щоб побудувати простий проект. Стандартні бібліотеки Arduino відкривають простір для творчості у плані автоматизації різноманітних процесів. Можна сказати, що Arduino є універсальним програмованим контролером-конструктором, і може стати незамінним помічником при вирішенні будь-яких технічних завдань, пов'язаних з електронікою довільного призначення, наприклад, простий тахометр обертів колінчастого валу чи складна система керування двигуном в цілому [3, 5-7], - усім цим, і не тільки, можна керувати за потрібним алгоритмом, використовуючи Arduino.

Загальні відомості про Arduino

Arduino – апаратні модулі на мікроконтролерах

з розпаяними мікросхемами контролерів та інших допоміжних компонентів, які забезпечують підключення плати до комп'ютера та будь-яких датчиків, індикаторів та виконавчих пристроїв.

В даний час випускаються десятки видів плат Arduino з різними мікроконтролерами та платами з датчиками та іншими пристроями/шилдами.

Для програмування плат Arduino використовується середовище розробки та налаштування IDE - integrated development environment (рис.1), де використовується мова Processing, близька за синтаксисом до мови С. Найбільшого розповсюдження набула плата Arduino UNO, на базі мікроконтролера Atmel ATmega328, характеристики якої наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристики мікроконтролера ATmega328

Робоча напруга (логічний рівень)	5 В
Напруга живлення (рекомендований)	7-12 В
Напруга живлення (граничне)	6-20 В
Цифрові входи / виходи	14 (з яких 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи)
Аналогові входи	8
Максимальний струм одного виводу	40 мА
Flash-пам'ять	32 КБ з яких 2 КБ використовуються загрузчиком
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Тактова частота	16 МГц
Розміри плати	68 x 53 x 15

Мікроконтролер ATmega328 має 14 цифрових виводів, які можуть працювати в якості входу або виходу та 8 аналогових входів, кожен з яких може задати аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення).

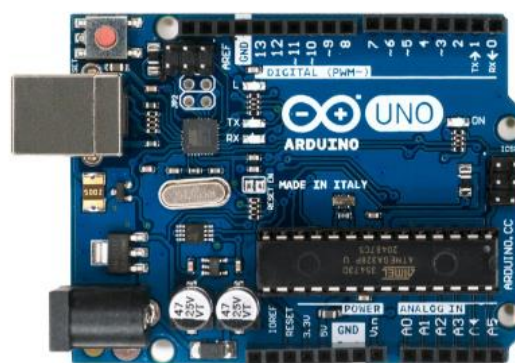
Двигун внутрішнього згоряння належить до найскладніших і найважчих об'єктів дослідження, оскільки процеси, що протікають у ньому характеризуються великою кількістю величин, які постійно змінюються в часі. З цієї причини вимірювання, що проводяться при дослідженні двигунів, і апаратура, що застосовується для цієї мети, дуже численні і різноманітні. Найбільш типовими вимірювальними величинами при цьому є термодинамічні параметри та параметри, що характеризують режими роботи двигуна.

Метою даної роботи є визначення можливос-

тей та особливостей використання програмно-апаратної платформи Arduino при дослідженні процесів, що відбуваються в енергетичних силових установках із двигунами внутрішнього згоряння, раннього прототипування їх систем керування та діагностування.



а)



б)

Рис. 1. Вікно текстового редактора для розробки програм на Arduino (а) та плата Arduino UNO (б)

Реєстрація сигналів з датчиків

Датчики вимірювання частоти обертання колінчастого валу

Для вимірювання швидкості обертання колінчастого валу ДВЗ використовуються датчики, що чутливі до зміни магнітного поля. Бо саме такі датчики мають перевагу – вони не чутливі до пилу та інших забруднень (бруд, олива тощо), що є неминучим при експлуатації автомобіля. Найбільшого поширення набули датчики: індукційного типу (див. рис. 2, а) та датчик Холла (див. рис. 2, б).

Принцип роботи їх полягає в тому, що при обертанні деталі з феромагнітного матеріалу (залізо, нікель, кобальт та їх сплави) змінюються умови для поширення магнітного поля, створюваного постійним магнітом або електромагнітом. Найчастіше використовується зміна величини немагнітного зазору (рис. 2 а поз. 7).

Взаєморозташування елементів магнітного ланцюга датчика може бути будь-яким, аби через них проходили силові лінії. У найпростішому випадку датчик може реєструвати зміну магнітного поля під час руху магніту повз нього (рис. 2, б).

Ці зміни перетворюються датчиком на електричні імпульси, а потім мікроконтролер підраховує частоту або період імпульсів і відображає швидкість обертання в числовій або іншій формі.

На рис. 2 а показаний індукційний датчик положення колінчастого валу, розташований поблизу

зубчастого колеса 8, що знаходиться на колінчастому валу; при обертанні цього колеса його зуби проходять повз датчик і змінюють магнітне поле, створюване магнітом 2 з сердечником 5, при цьому в котушці 6 наводиться змінна напруга, що є сигналом з датчика, який поступає у блок реєстрації через кабелі 1.

На рис. 2, б показаний датчик Холла 1, який реагує на зміну магнітного поля при проходженні повз нього магнітних міток на диску, який обертається. Такий датчик зазвичай використовується для визначення швидкості обертання колеса.

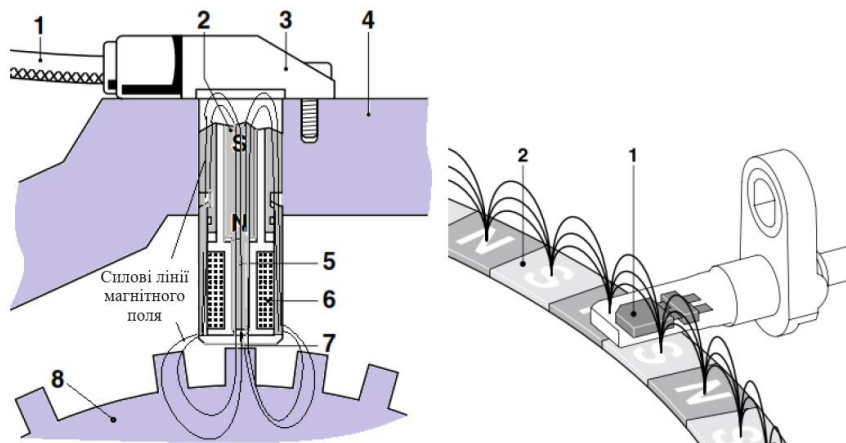


Рис. 2. Взаєморозташування магнітних датчиків і рухомих елементів: а – індукційний датчик; б – датчик Холла

Сигнали з індукційних датчиків є синусоїдними. Амплітуда напруги залежить від величини немагнітного зазору (рис. 2 а поз. 7) та частоти обертання колінчастого валу. Подача сигналу такого виду на цифрові входи Arduino може призвести до некоректної роботи. Для отримання прямокутних імпульсів з аналогового вихідного сигналу його необхідно подати на компаратор, що має гістерезис. При перевищенні вхідної напруги вище порогової

схема перемикається в «1», тобто на її виході встановиться напруга, що близька до напруги живлення. Якщо вхідна напруга нижче граничної, то на виході буде напруга, яка близька до нуля.

Датчики Холла мають на виході П-подібний сигнал, амплітуда якого залежить лише від напруги живлення датчика, тому цей тип датчиків можна підключити напряму до аналогових входів мікроконтролера (рис.3, б).

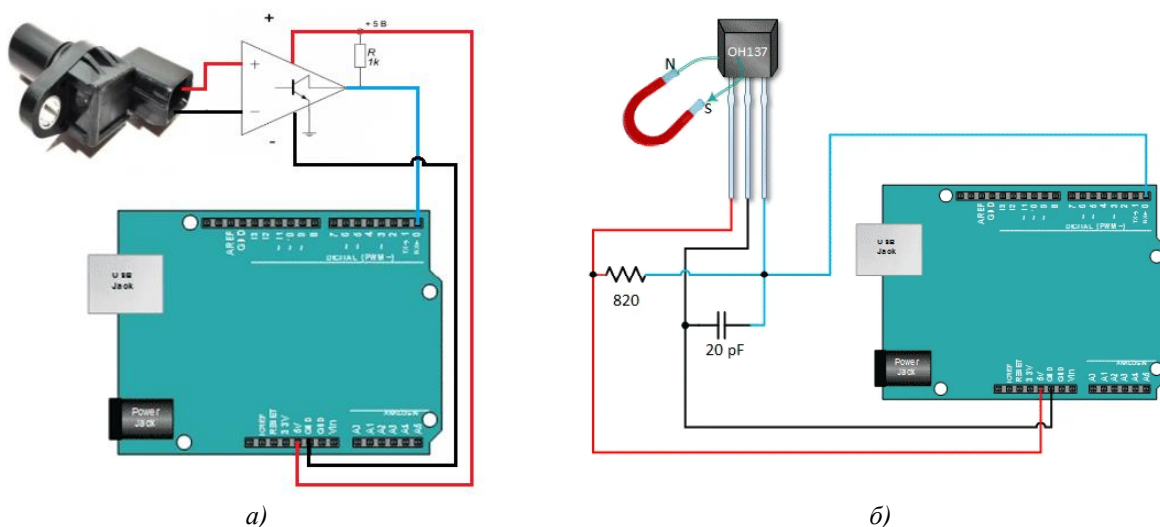


Рис. 3. Схеми підключення датчиків частоти обертання колінчастого валу до Arduino

Аналогові датчики тиску

Промислові аналогові датчики випускають з наступними вихідними сигналами: імпульсний, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...5В та 0...10В. А стандартна напруга живлення у них 24В або мережна 220В.

Широкого розповсюдження серед інженерів отримали датчики, що мають струмовий сигнал 4 ... 20мА. Сигнал цих датчиків найменше залежить від довжини кабелю, а також дозволяє легко діагностувати несправність або обрив ланцюга датчика. Також цей тип сигналу дозволяє жити малопотужні датчики прямо по сигнальному проводу. При цьому

між контролером та датчиком потрібно прокласти лише двопровідний кабель. Таке підключення називають двопровідною схемою. Датчик з сигналом 4-20мА поводить себе як змінний резистор з опором, який є прямо пропорційним вимірюваній величині. Це досягається стабілізатором струму всередині датчика. Цей стабілізатор, керований і тримає величину струму, що прямо пропорційний значенню вимірюваного фізичного параметра. У трипровідній та чотирипровідній схемах сигнал все той же, але живлення підводиться до датчика додатковими лініями.

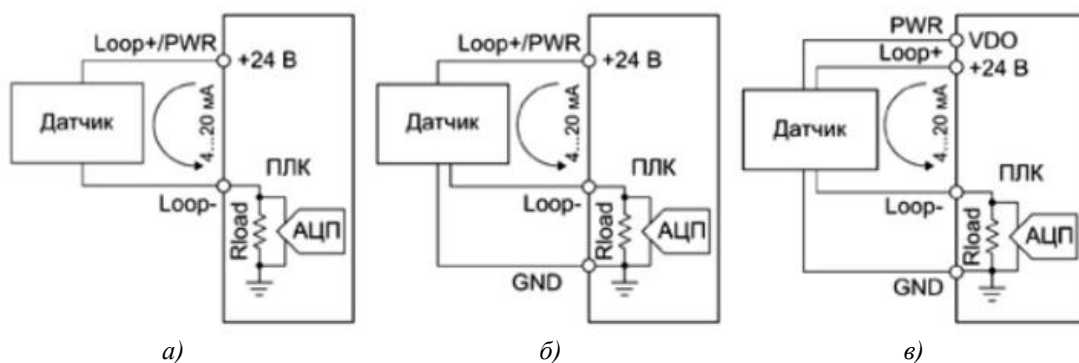


Рис. 4. Схеми підключення датчиків, що мають струмовий сигнал 4 ... 20мА: а – двопровідне підключення; б – трьохпровідне підключення; в – чотирипровідне підключення

Номинал резистора Rload можна визначити за формулою

$$R_{load} = U_{plc} / 0,02A,$$

де 0,02А – це струм 20мА, а Uplc – це максимальний рівень аналогового входу контролера у вольтах.

Для Arduino UNO наприклад, ця напруга становить 5В. Тобто, отримуємо для Arduino UNO опір $5В / 0,02А = 250 \text{ Ом}$.

Авторами публікації напрацьований досвід по використанню такого типу датчиків тиску ПД100-111/171/181, виробництва ОВЕН, що мають досить широкий діапазон вимірювання надлишкового тиску: 35 кПа...40,0 МПа (рис.5). Вихідна характеристика датчика ПД100-181 наведена на рис.6.



Рис. 5. Лабораторна установка тарування датчику тиску (а) та зовнішній вигляд датчика тиску ПД100-111/171/181 (б)

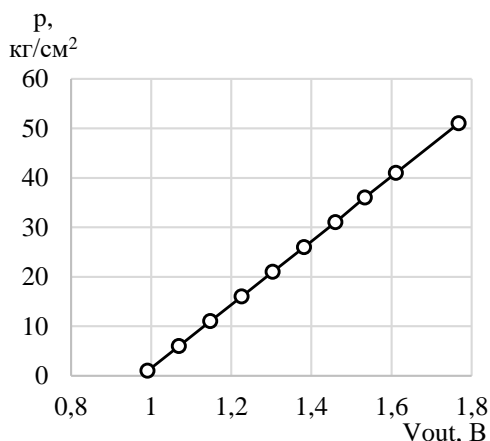


Рис. 6. Залежність тиску датчика ПД100-181 від вихідної напруги

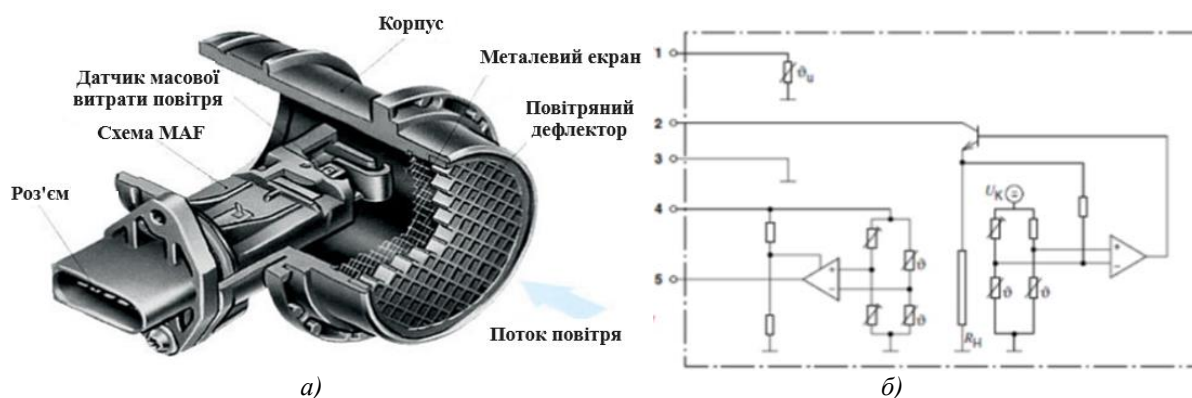


Рис. 7. Зовнішній вигляд MAF датчика (а) та його блок-схема з позначенням контактів підключення (б): 1 – сигнал додаткового датчик температури; 2 – Напруга живлення датчика +12 В, 3 – Сигнальна земля; 4 – Опорна напруга +5 В; 5 – Вимірювальний сигнал ($U=0,996-4,99В$); v – температурно-чутливий резистор; R_H – нагрівальний резистор; U_k – постійна напруга

Для визначення витрати повітря двигуном частіше використовують анемометричний датчик масової витрати повітря MAF sensor, але він коштує значно дорожче і має більші габарити. Тому у випадках, де це можливо, ставлять датчик тиску газу MAP sensor.

Датчик масової витрати повітря (MAF sensor – від англ. mass air flow sensor) – це датчик, призначений для контролю маси повітря, що надходить у двигун в режимі реального часу. Як правило, це термоанемометричний датчик із платиновою ниткою, принцип дії якого заснований на підтримці постійної температури нагрітої нитки: чим більший потік повітря проходить через неї, тим швидше вона остигає і тим більше енергії потрібно для її нагрівання.

Масова витрата повітря вимірюється завдяки тому, що перетворювач напруги виробляє перетворення струму нагріву в напругу на виході. Така на-

Датчики витрати повітря

Витрата повітря визначається вимірюванням параметрів його потоку у впускному колекторі, що характеризують швидкість руху потоку або величину розрядження повітря у колекторі впускного між клапаном і дросельною заслінкою. Відповідно, широкого застосування при вимірюванні витрати повітря набули датчики масової витрати повітря, так звані MAF sensor (рис. 7) та датчики тиску газу MAP sensor, що встановлюють у впускний колектор двигуна внутрішнього згоряння між дросельною заслінкою та впускними клапанами циліндра двигуна.

Сигнали таких датчиків використовуються в системі керування подачею палива для визначення дози бензину, що впорскується в циліндр за один такт. Витрата бензину при роботі ДВЗ має точно відповідати витраті повітря для забезпечення екологічних вимог.

пруга та масова витрата повітря мають нелінійну залежність, на прикладі датчика BOSCH 0280218 037 (рис.8).



Рис.8. Залежність масової витрати повітря через MAF-датчик BOSCH 0280218 037 від вихідної напруги

Як бачимо з блок схеми, підключити MAF-датчик до плат Arduino достатньо легко, для цього лише потрібні джерело живлення +12В та опорне джерело живлення +5В. Контакт вимірювального сигналу з MAF-датчика підключаємо на любий аналоговий порт плат Arduino. За залежністю витрати повітря від вихідної напруги датчика (рис.8) знаходимо миттєву витрату повітря двигуном.

Для автомобільної промисловості випускають велику різноманітність датчиків тиску повітря. За

каталогом німецьких фірм Bosch, Siemens датчики тиску мають діапазон вимірювання тиску від 10-50 кПа до 115 – 300 кПа. Вихідна напруга змінюється в діапазоні від 0,3 до 4,8 В в залежності від тиску. Автори публікації мають досвід використання датчиків Siemens, наприклад Siemens 5wk96930-r (рис.9).

Цей датчик має лінійну вихідну характеристику (рис. 10, а) та має вбудований температурний датчик опору. Основні технічні характеристики датчика наведені в табл.2.

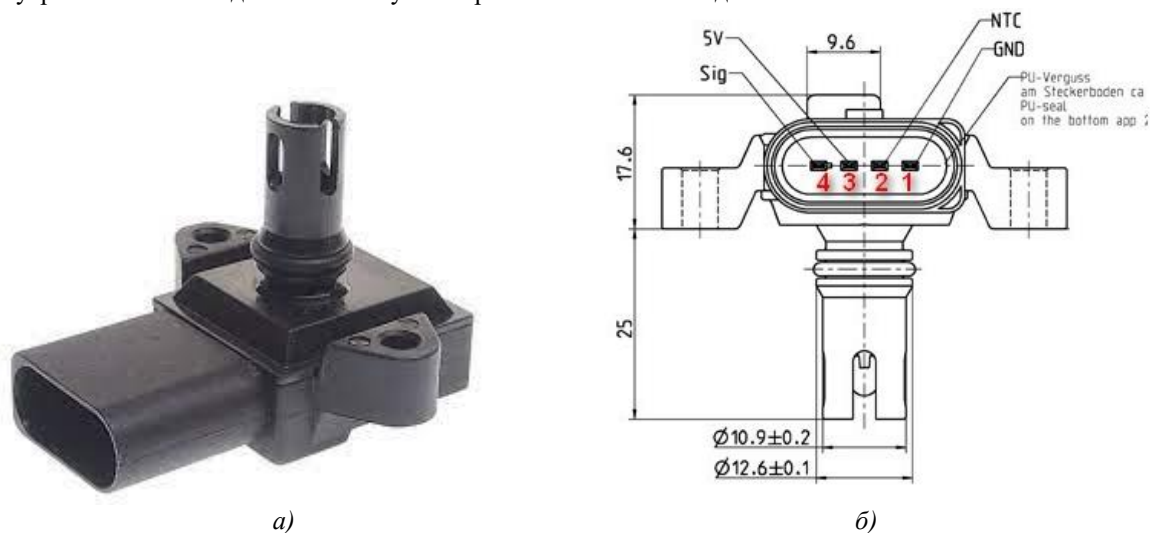


Рис. 9. Зовнішній вигляд датчика тиску MAP Siemens 5wk96930-r (а) та його позначення контактів підключення: 1 – GND; 2 – сигнал датчика температури; 3 – живлення 5 вольт; 4 – сигнал MAP

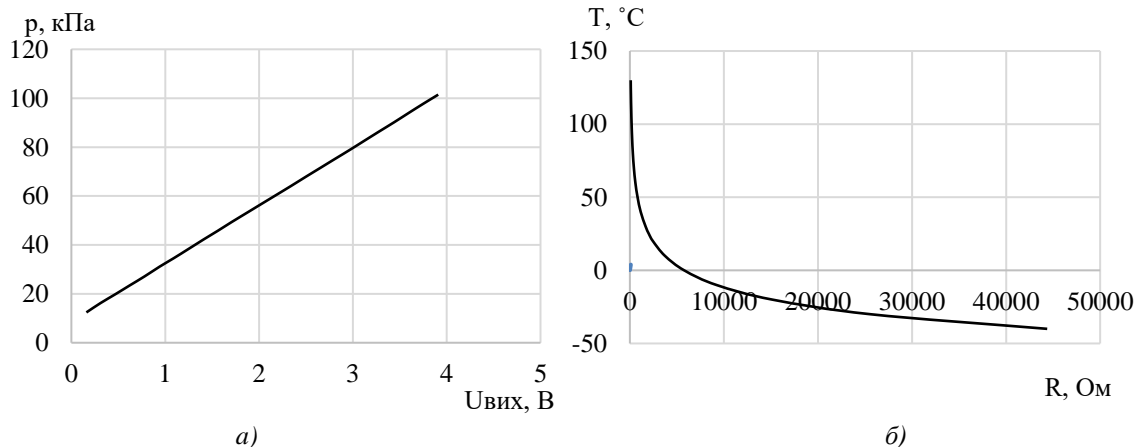


Рис. 10. Вихідні характеристики датчика MAP Siemens 5wk96930-r тиску (а) та температури (б)

Таблиця 2. Технічна характеристика датчика MAP Siemens 5wk96930-r

Робоча температура	-40...+125°C
Робочий тиск	15...120 кПа
Напруга живлення	5,0 В±0,25
Час спрацьовування (10-90 % Vout (p))	7 мс
Шум на виході (1кГц)	<10 мВ
Опір навантаження	>20 кОм
Струм на вході при максимальній напрузі живлення	10 мА

На рис. 10 представлені характеристики напруги на виході з MAP датчика від тиску та опір температурного датчика від температури газу.

Атмосферний тиск, як відомо, приблизно 100 кПа, а мінімальна величина тиску в циліндрі – близько 30 кПа. Отже, напруга на виході датчика буде змінюватися в межах 0,5 - 4 В. Це відповідає динамічному діапазону АЦП, вбудованого в Arduino, і дозволяє підключити датчик безпосередньо до аналогового входу плати Arduino (рис.11).

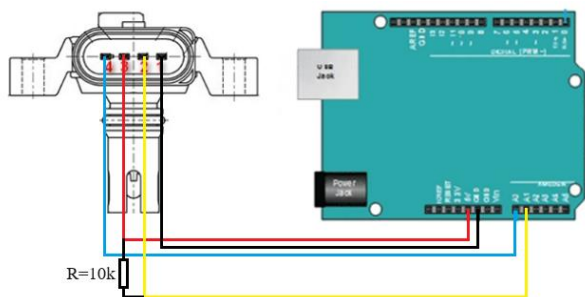


Рис. 11. Схеми підключення датчика тиску MAP до платформи Arduino

Витратоміри палива

Для визначення миттєвої витрати палива застосовують переважно турбінні витратоміри. Конструктивно такі датчики складаються з корпусу з клапаном, ротора і датчика Холла. Коли рідина проходить крізь датчик, ротор обертається зі швидкістю пропорційною швидкості потоку води. Датчик Холлу фіксує кожен оборот і передає отриманий сигнал. Підключення до реєструючого пристрою (плати Arduino) здійснюється так само як і для датчика частоти обертання на основі Холла (рис.3,б). При дослідженні процесів в ДВЗ авторами публікації, використовується витратомір CX-M3-SS/AL (рис.12). Технічні характеристики витратоміра палива CX-M3-SS/AL: діапазон вимірювання витрати – 3-300 мл/хв; точність вимірювання – 0,5%; робоча температура – 30~80 °С; напруга живлення – 4-26В.



Рис. 12. Зовнішній вигляд витратоміра палива [4]

Датчики температури

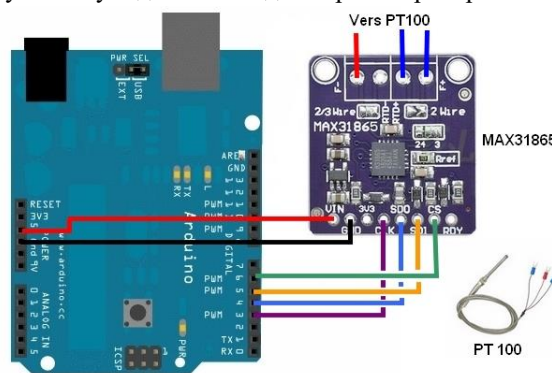
Вимірювання температури при дослідженні двигунів внутрішнього згоряння відрізняються великою різноманітністю як за родом та станом вимірювального середовища, так і за діапазоном виміру та характером протікання температури за часом.

При дослідженні двигунів внутрішнього згоряння найбільшого поширення набули датчики: термопары використовуються для вимірювання температури газів в пульсуючому потоці; термометри опору – вимірювання стінок деталей ДВЗ.

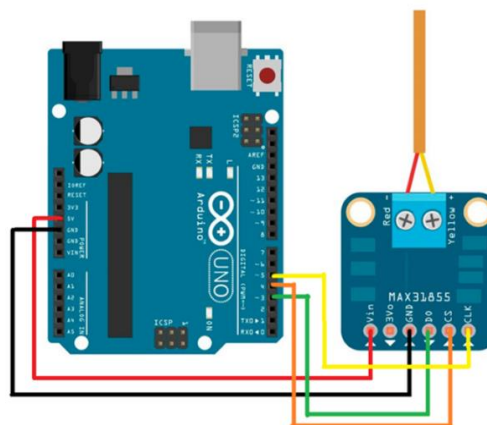
В Arduino для зняття та обробки сигналів з означених датчиків є спеціальні шилди, наприклад MAX31865 чи MAX31855 (рис.13).

Модуль MAX31865 – перетворювач Resistance-to-Digital. Призначений для платинових датчиків RT100 та RT1000 від фірми Maxim Integrated.

Модуль MAX31855 – це цифровий підсилювача сигналу з термопар з компенсацією температури холодного спаю. Він дозволяє оцифровувати аналогові значення та отримувати температуру з великою точністю. Працює з різними типами термопар (K, J, T, N та іншими). Основні переваги модуля MAX31855 це висока точність і надійність, а також зручність у підключенні до мікроконтролера.



а)



б)

Рис.13. Схеми підключення модулів MAX31865 (а) та MAX31855 (б) до Arduino

Таким чином, платформа Arduino є простою та універсальною, її відрізняє низька ціна, наявність безкоштовного програмного забезпечення, можливість швидкого освоєння за рахунок використання спрощених мов програмування. При цьому платформа надає широкі можливості по генерації сигналів,

збору даних та обробки сигналів різних промислових датчиків, дозволяє достатньо просто створити прототипи блоків керування різними виконавчими механізмами та двигуна в цілому [3].

Потрібно відзначити, що обладнання, яке використовується при дослідженні процесів в ДВЗ повинно бути сертифікованим, що не можна сказати про Arduino. Проте означені рекомендації щодо використання різних датчиків, шилдів та плат Arduino можна застосувати якщо вимірювальна величина не є визначальною, наприклад при контролі температури поверхні деталей чи обертів двигуна при його обкатці. Крім того, платформу Arduino можливо використовувати в навчальному процесі при дослідженні та обробки сигналів з різних датчиків при викладанні дисципліни «Випробування ДВЗ».

Висновки

Платформі Arduino, якій притаманні низька ціна та універсальність, при застосуванні промислових датчиків дає можливість виконати дослідження різних процесів які відбуваються при роботі силових установок, а також підходить для раннього прототипування систем керування та діагностування ДВЗ.

Завдяки своїй поширеності та широкій підтримці як із боку виробників (у вигляді шилдів з різними датчиками), так і з боку розробників (у вигляді бібліотек), можливості генерації сигналів, збору даних та обробки сигналів різних промислових датчиків, дозволяє достатньо просто створити блоки керування та аналізу різних фізичних явищ, не вимагатиме великих знань у програмуванні мікроконтролерів і часу для виготовлення прототипу.

Крім того, використання Arduino у навчальному процесі при підготовці фахівців в галузі енергетичного машинобудування та при дослідженнях енергетичних установок транспортних засобів дозволить надати студентам можливість застосувати знання, вміння та навички, набуті у процесі навчання, на апаратному та програмному рівнях, що створить додаткову мотивацію до подальшого вивчення пристрою та принципів роботи автоматизо-

ваних та автоматичних систем керування транспортних засобів.

Список літератури:

1. *Офіційний сайт Arduino. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.arduino.cc>*
2. Dogru B., Ozdemir M.M. *Electronic measurement of weather conditions for an engine test room // Journal of thermal engineering.* – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 1328-1337.
3. Електронні системи автоматичного керування паливоподачею дизеля: практичний досвід синтезу та імплементації [Текст]: монографія / Д.С. Таланін, А.О. Прохоренко, С.С. Кравченко. - LAMBERT Academic Publishing, 2022. - 113 с ISBN 978-620-5-51684-3.
4. Офіційний сайт Cxinstrument. – Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.cxinstrument.com/PRODUCTS/Micro_flowmeter/en-24.html
5. Konrad Reif (Hrsg.) *Bosch Autoelektrik und Autoelektronik Bordnetze, Sensoren und elektronische Systeme.- Vieweg+Teubner Verlag [Springer Fachmedien Wiesbaden, GmbH, 2011. – 595 p.*
6. Yan H. H., Rahayu Y. *Design and development of gas leakage monitoring system using arduino and zigbee //Proceeding of the Electrical Engineering Computer Science and Informatics.* – 2014. – Т. 1. – №. 1. – С. 207-212.
7. Dogru B., Ozdemir M.M. *Electronic measurement of weather conditions for an engine test room // Journal of thermal engineering.* – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 1328-1337.

Bibliography (transliterated):

1. Official Arduino site, available at: <https://www.arduino.cc>
2. Dogru B., Ozdemir M.M. (2017), *Electronic measurement of weather conditions for an engine test room, Journal of thermal engineering, T.3., №. 4., pp. 1328-1337.*
3. Talanin D., Prokhorenko A., Kravchenko S. (2022), *Electronic systems of automatic control of diesel fuel supply: practical experience of synthesis and implementation [Elektronni systemy avtomatychno keruvannja palyvo-podacheju dyzelja: praktychnyj dosvid syntezy ta implementacii]*, LAMBERT Academic Publishing, 113 p. ISBN 978-620-5-51684-3.
4. Official Cxinstrument site, available at: http://www.cxinstrument.com/PRODUCTS/Micro_flowmeter/en-24.html
5. Konrad Reif (Hrsg.) (2011), *Autoelektrik und Autoelektronik Bordnetze, Sensoren und elektronische Systeme, Bosch, Springer Fachmedien Wiesbaden*, 595 p.
6. Yan H. H., Rahayu Y. (2014), *Design and development of gas leakage monitoring system using arduino and zigbee, Proceeding of the Electrical Engineering Computer Science and Informatics, T. 1, №. 1, pp.207-212.*
7. Dogru B., Ozdemir M.M., (2017), *Electronic measurement of weather conditions for an engine test room, Journal of thermal engineering, T. 3., №. 4, pp. 1328-1337.*

Надійшла до редакції 28.06.2023 р.

Кравченко Сергій Сергійович – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок Національного технічного університету «ХПІ», Харків, Україна, e-mail: serhii.kravchenko@khpri.edu.ua, orcid.org/0000-0003-3250-8645.

Кузьменко Анатолій Петрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, Україна, e-mail: kuzmatolja@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4029-4010.

Ободець Дмитро Костянтинович – випускник кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: obodetsdk@gmail.com

USING THE ARDUINO PLATFORM IN THE RESEARCH OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

S. Kravchenko, A. Kuzmenko, D. Obodets

Modern measuring systems used in the study of internal combustion engines require significant investments. The universal Arduino platform offers ready-made powerful hardware modules for data collection (shields) and control, which work in a wide range of frequencies and signal amplitudes, provide their analysis and processing, allow to implement equipment management, and have a relatively low cost and free software with standard libraries. These facts testify to the high relevance of the use of the Arduino platform in the study of internal combustion engines. The purpose of this work is to determine the possibilities and features of using the Arduino hardware and software platform in the study of processes occurring in energy power plants with internal combustion engines, early prototyping of their control and diagnostic systems. The paper considers the possibility of hardware and software connection of sensors for measuring basic physical quantities to the Arduino platform: crankshaft rotation frequency (based on induction sensors and Hall sensors), pressure, air and fuel flow, temperatures (resistance sensors and thermocouples). In addition, the characteristics (dependence of the measurement parameter on the output value) of some popular sensors used in the study of internal combustion engines are given. It is important to consider that the equipment used for the study of processes in the ICE must meet the certification requirements. In the case of Arduino, this certification may not be available. However, the recommendations for the use of various sensors, shields and Arduino boards can be applied if the measured quantity is not the determining factor. It is important to consider these limitations and use Arduino with an understanding of the capabilities and limitations of the platform. The use of Arduino in the educational process in the training of specialists in the field of power engineering and in the research of energy installations of vehicles will allow students to apply the knowledge, skills and abilities acquired in the learning process at the hardware and software levels, which will create additional motivation for further study devices and principles of operation of automated and automatic vehicle control systems.

Keywords: Arduino; sensors; sensor signals; tests of engines.