

ДІАГНОСТУВАННЯ ВИТРАТОМІРІВ ПОВІТРЯ ЗА НАПРУГОЮ СИГНАЛУ

Калашніков А.К., ст. гр. А-43-15

crservice2008@gmail.com

Науковий консультант Зенкін Є.Ю., доц. к.т.н.

Протягом останніх 25 років в автомобільній галузі відбувається активне заміщення автомобілів з карбюраторними двигунами сучасними економічними й екологічно безпечними автомобілями з електронними системами упорскування палива [1]. Якщо брати ситуацію на Україні то можна спостерігати що одночасно в експлуатації перебувають три категорії різних автомобілів. У першу категорію можна віднести старі автомобілі випущені ще в 80-ті роки та першій половині 90х років – вони оснащені карбюраторними двигунами. У другу категорію можна віднести сучасні автомобілі, оснащені системами упорскування з електронним керуванням. Більшість цих автомобілів відносно нові, перебувають у справному стані й частина з них ще перебуває на гарантії на станціях сервісного обслуговування. У третю категорію будуть віднесені автомобілі також з електронним керуванням упорскування, але, що вже мають досить великий пробіг і термін служби в результаті чого могли виникнути неполадки які підвищують витрату палива, та й знижують екологічні властивості. У ряді випадків система упорскування з електронним керуванням розрахована на норми токсичності Еуро перебуваючи в несправному стані може мати гірші експлуатаційні показники ніж справний автомобіль із карбюратором [2]. Витрата палива в карбюраторній системі залежить від швидкості потоку повітря в дифузорі, а в інжекторній системі від швидкості потоку повітря в датчику витрати повітря. Оскільки ймовірність якої або поломки дифузора відсутня, а в інжекторній системі датчик витрати повітря може повністю вийти з ладу або погіршити свої показання при експлуатації. То відповідно є необхідність розробки спеціальних діагностичних процедур, які дозволяють виявляти несправності датчиків витрати повітря.

Термоанемометричні витратоміри повітря.

Існують як термоанемометри з ниткою так і із плівковим елементом. Тонка нитка з електричним опором R нагрівається при проходженні струму I_H

Проте, тому що струм нагрівання I_H регулюється таким чином, що зберігається постійне підвищення температури ,наприклад $\Delta\vartheta = 100\text{K}$ навіть при збільшенні потоку, то виходить зростаючий струм розжарення тільки із четвертим коренем з потоку як величина для виміру витрати.

Перевагою такої схеми регулювання є те, що електричний нагрівальний резистивний елемент завжди має однакову температуру, отже,

його теплоємність не повинна змінюватися при періодичній передачі тепла [10,11]. Завдяки застосуванню платиного дроту товщиною 70 мкм, наприклад, можна розрахувати постійні часу для змін потоку в діапазоні від 1 мс, у той час як у нерегульованому випадку значення перевищують зазначені в 40...100 раз. Якби виникла необхідність виконати регулювання постійної температури нагрівача за рахунок того, щоб його опір (залежного від температури) було б постійним, при постійній витраті, але більш високій температурі середовища, знизився б струм і, отже, з'явилася б помилка [10]. На практиці така помилка усувається за допомогою мостової схеми, яка містить другий нерозжарюваний компенсаційний опір R_K того ж типу (наприклад, із платини). Опір розжарення при цьому регулюється щодо середовища за допомогою схеми керування й відповідно до незмінної надлишкової температури $\Delta\vartheta$. При раптовому підвищенні температури середовища датчик реагує зсувом більш тривалої тимчасовий постійної, тому що фактично в цьому випадку повинна бути змінена теплоємність нитки, що нагрівається. Струм розжарення свідчить про прецизійний опір (вимірювальному опорі R_M) сигналу напруги U_M , пропорційного витраті повітря. У першому анемометрі, використовуваному для виміру потоку в транспортному засобі (витратомір з нагрівальною ниткою НЛМ), нагрівальний елемент був фактично виконаний у вигляді тонкого платиного дроту. Такий дріт мав трапецієподібну форму й була натягнута над поперечним перерізом потоку, що дозволяло уникнути можливої асиметрії профілю потоку (рис.1.1) [9].

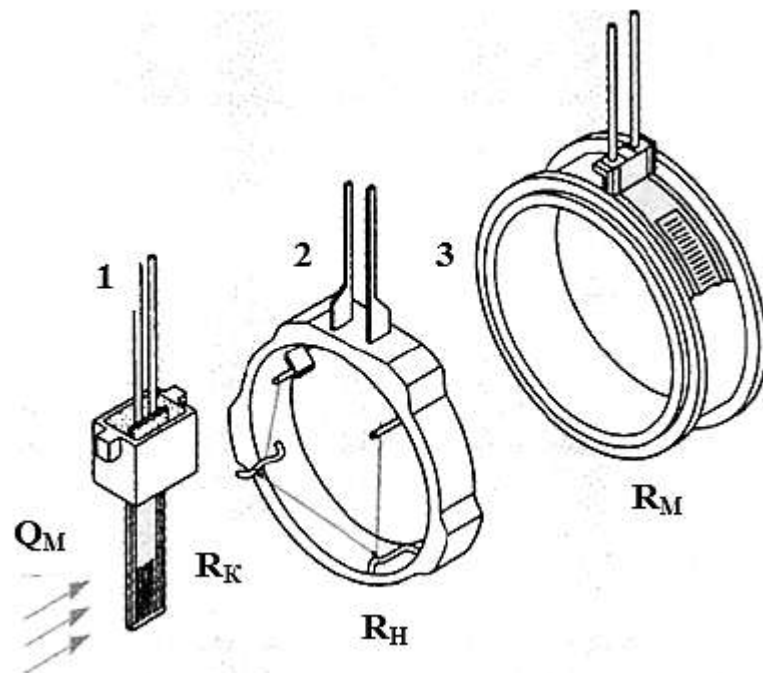


Рис. 1.1 – Витратомір повітря з нагрівальною ниткою
1 – Компенсаційний опір ; 2 – Нагрівальна нитка; 3 – Опір у плечі мосту на якому проводиться вимір

Однак добитися досить тривалого терміну служби вийшло тільки при стабілізації платиного дроту із застосуванням сплавів, коли опір не змінювався з появою тріщин і відкладань на його поверхні. Для цієї мети нитка розпалювання після кожної фази роботи при більш високих температурах автоматично самоочищалася від нагару (1000 °C) [2,9]. Незважаючи на значні функціональні переваги, з погляду довгострокової перспективи дана концепція виробництва датчиків розглядається як занадто дорога. У версії з товстоплівковими технологіями (витратомір із плівковим елементом HFM-2) удалося об'єднати в одному шарі всі опори, необхідні для виміру [9]. Через незначний рівень теплоємності керамічної пластинки, застосовуваної в цьому випадку, перевищення максимальної припустимої постійної часу включення виявилось непростим завданням. Також з'явилася необхідність знижувати небажаний теплообмін між нагрівальним і компенсаційним опором за допомогою складного взаємного розташування. Для цього вже в даній версії можна було б відмовитися від процесу самоочищення від окалини, оскільки спеціальні умови, створені для потоку, вже не обумовлювали утворення окалини. На відміну від двох попередніх типів розширена мікромеханічна версія на кремнієвій основі (витратоміри із плівковим елементом HFM-5 і HFM-6) відповідала практично всім очікуванням. Вона могла проводити виміру в обох напрямках руху потоку з урахуванням знака таким чином, що виникаючі при імпульсах короткочасні зворотні потоки перестали обумовлювати погрішності у вимірах

Спосіб оцінки стану датчика по швидкості його вступу в роботу при включенні

Перевірка вихідного сигналу датчика HFM5 здійснюється тільки цифровим пишучим осцилографом і неможлива за допомогою звичайного тестера напруги. Для перегляду осцилограми напруги вихідного сигналу датчика масової витрати повітря HFM5, рекомендується скористатися диференціальним осцилографічним щупом. Рознімання диференціального осцилографічного щупа повинен бути підключений до диференціального аналогового входу USB Autoscope II. Чорний затискач типу "крокодил" диференціального осцилографічного щупа повинен бути приєднаний до "маси" двигуна автомобіля що діагностується. Негативний пробник щупа повинен бути приєднаний паралельно "сигнальній масі" датчика, позитивний пробник щупа повинен бути приєднаний паралельно сигнальному виводу датчика. Замість диференціального щупа можна скористатися стандартним осцилографічним щупом. Осцилографічний щуп повинен бути підключений до аналогового входу осцилографа. Чорний затискач типу "крокодил" щупа повинен бути приєднаний до "маси" двигуна автомобіля. Пробник щупа повинен бути приєднаний паралельно сигнальному виводу датчика. Перевірка вихідного сигналу датчика масової витрати повітря BOSCH HFM5 проводиться в три етапи:

- вимір часу перехідного процесу в момент включення запалювання;
- вимір значення напруги вихідного сигналу при нульовому потоці повітря;
- вимір максимального значення напруги вихідного сигналу датчика при різкому прискоренні частоти обертів двигуна.

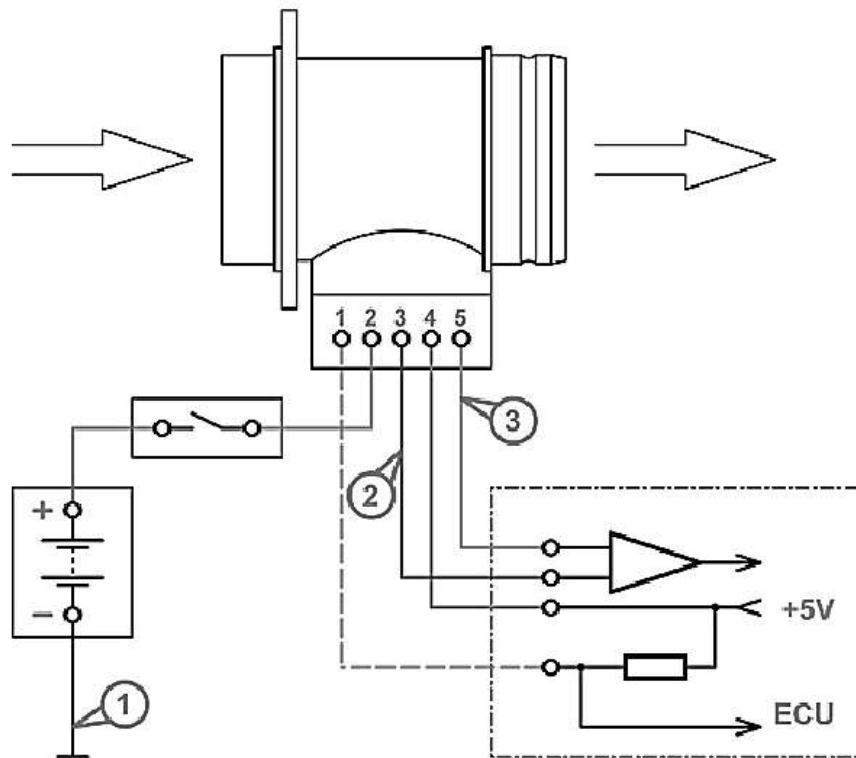


Рис. 1.2 – Схема підключення до датчика масової витрати повітря HFM5
 1 – Точка підключення чорного затискача "крокодил" диференціального щупа; 2 – Точка підключення негативного пробника диференціального осцилографічного щупа (чорного кольору); 3 – точка підключення позитивного пробника диференціального осцилографічного щупа (червоного кольору)

У вікні програми "USB Осцилограф", необхідно вибрати режим відображення, який найбільш підходить у цьому випадку. Для проведення детального вивчення, осцилограма напруги вихідного сигналу датчика повинна бути записана. Далі записану осцилограму у можна детально вивчити.

Вимір часу перехідного процесу при подачі живлення. У момент включення запалювання відбувається подача живлячих напруг на датчики й виконавчі механізми системи керування двигуном, у тому числі й на датчик витрати повітря. Відразу після подачі живлення на датчик масової витрати повітря відбувається розігрів його чутливого елемента до робочої температури, при цьому, поки температура датчика стабілізується, виникає перехідний процес (рис.1.3).

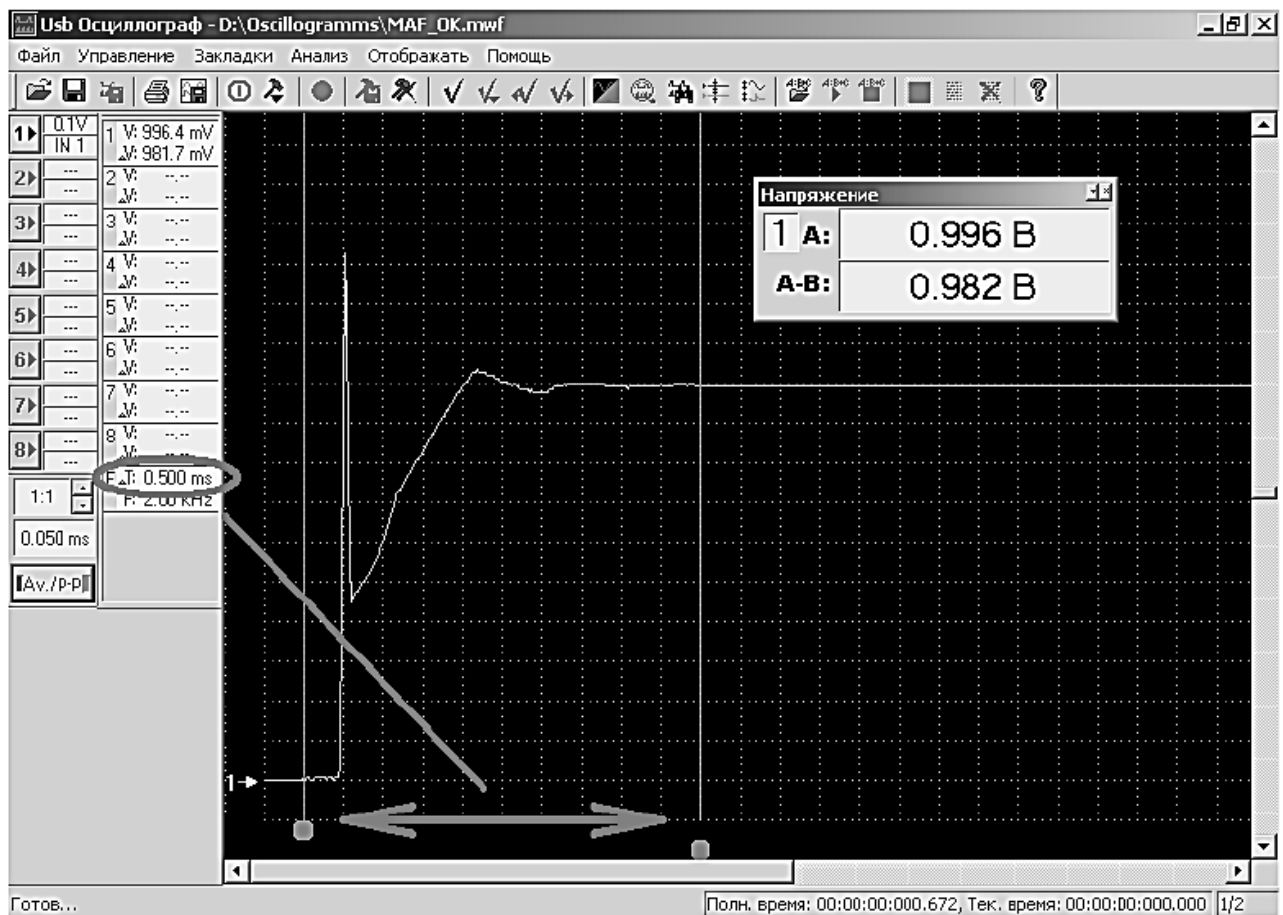


Рисунок 1.3 – Осциллограмма выходной напряжения исправного датчика массовой витраты воздуха при подаче живлячих напряг

При цьому будуть відображатися - А : значення напруги в момент часу зазначений маркером. У цьому випадку відповідає напрузі вихідного сигналу ДМРВ при нульовій витраті повітря (двигун зупинений) і рівно 0,99 В; Δt значення інтервалу часу між двома маркерами. У цьому випадку відповідає часу перехідного процесу вихідного сигналу при подачі живлення на датчик і дорівнює $\sim 0,5$ мс. Час перехідного процесу вихідного сигналу справного датчика не перевищує одиниць мілісекунд.

Забруднення, що відклалися на чутливому елементі датчика, розігріваються разом з ним. Якщо кількість забруднень, що відклалися, значно, час розігріву його чутливого елемента до робочої температури збільшується, відповідно, збільшується й тривалість перехідного процесу (рис.1.4.)

Тоді якщо - А: значення напруги в момент часу зазначений маркером і в цьому випадку відповідає напрузі вихідного сигналу ДМРВ при нульовій витраті повітря (двигун зупинений) і рівно 0,92 В; Δt значення інтервалу часу між двома маркерами. У цьому випадку відповідає часу перехідного процесу вихідного сигналу при подачі живлення на датчик і рівно ~ 70 мс. Час перехідного процесу вихідного сигналу датчика із забрудненим вимірювальним елементом може досягати десятків, а іноді й сотень мілісекунд.

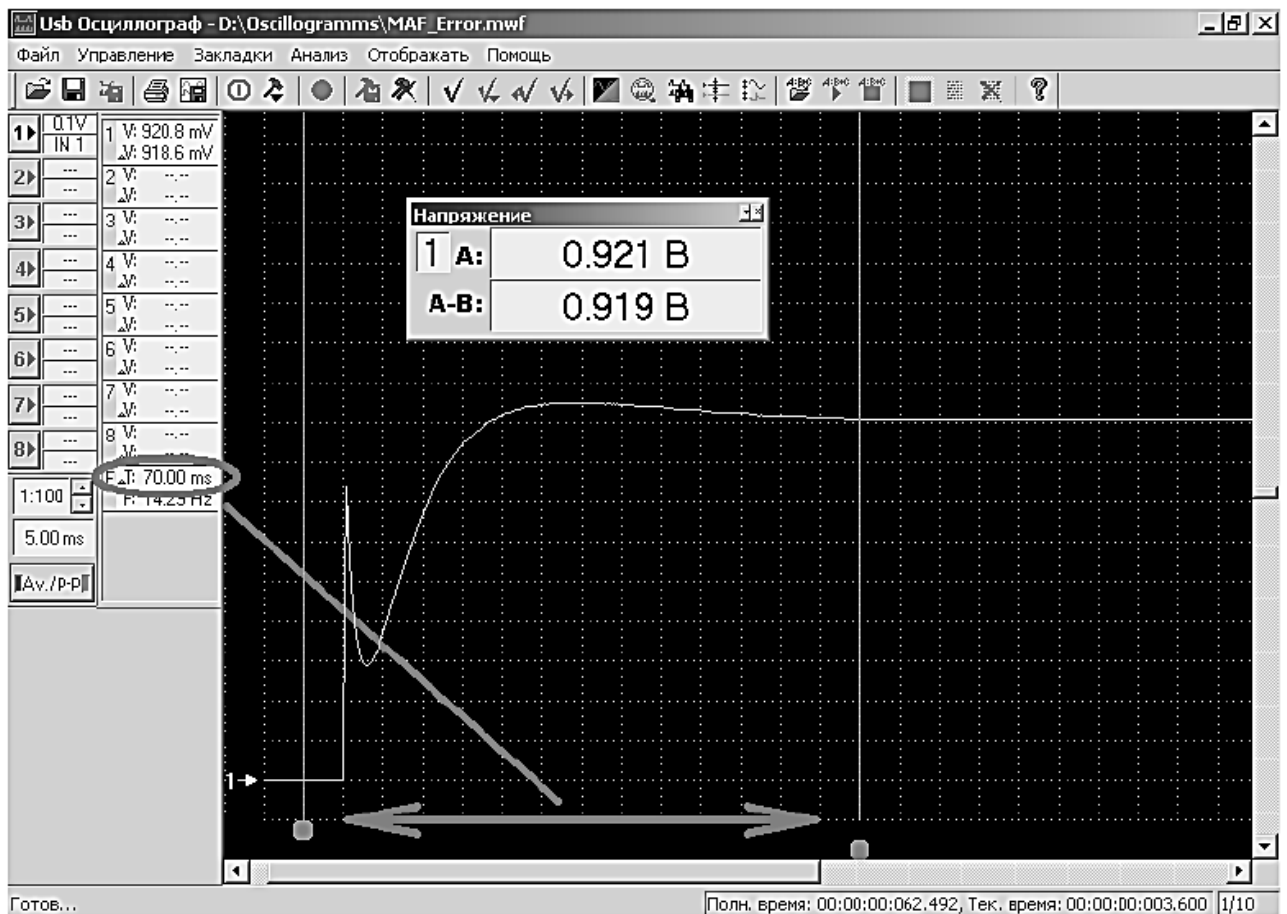


Рисунок 1.4 – Осцилограма вихідної напруги несправного датчика масової витрати повітря HFM5 при подачі живлячих напруг

Вимір значення напруги вихідного сигналу датчика при нульовій витраті повітря проводиться при зупиненому двигуні й включеному запалюванні. Для датчика масової витрати повітря bosch нульовій витраті повітря відповідає значення вихідної напруги рівне $1\text{В} \pm 0,02\text{В}$.

. У даній роботі був проведений аналіз датчиків які можуть бути використані для розрахунків витрати надходящего у двигун повітря на автомобілі.

У теоретичній частині дослідження був зроблений розгляд різних конструкцій датчиків витрати й можливість записи з них сигналу, а також датчиків тиску які побічно використовуються для цих же цілей – визначення витрати. У практичній частини на автомобілях Skoda Octavia і автомобілі Volkswagen Golf був проведений експеримент. Ці два автомобілі були обрані тому що в них принципово різні датчики витрати повітря. Для проведення експерименту була обрана вимірювальна апаратура, розроблений ряд тестових режимів для кожного датчика витрати повітря з урахуванням фізичного принципу виміру на якому він побудований. Результати експерименту повністю підтвердили теоретичні передумови

Література

1. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей / Хрулёв А.Э. - М.: За рулем, 1999. — 440 с.
2. Данов Б.А. Электронные системы управления иностранных автомобилей. / Данов Б.А. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 224 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/ [С.И. Ефимов, Н.А.Иващенко, В.И. Ивин и др.]; Под ред. А.С.Орлина, М.Г. Круглова. – [3 – е изд., перераб. И доп.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.
4. Системы управления бензиновыми двигателями Bosch. Узлы и агрегаты./ [Перевод с нем. Ю.Г.Грудский, А.Г.Иванов]. – М.: «КЖИ За рулём», 2005. – 432 с. – (Первое русское издание).
5. Райф Конрад. Датчики в автомобиле. – М.: «КЖИ За рулём», 2013. – 165с.
6. Фрайден Д. Современные датчики. Справочник. Серия: Мир электроники -М: Техносфера, 2005. — 587 с.
7. Руководство по эксплуатации осциллографа USBScopII [Электронный ресурс] / – 52 с. – Режим доступа к ресурсу:
http://injectorservice.com.ua/docs/usb_autoscope_2_operation_manual.pdf