

УДК 621.4.001.4:573.6.086.853:661.72

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ДАТЧИК СКЛАДУ БЕНЗОЕТАНОЛУ ДЛЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВЗ

В.М. Бганцев, ст. наук. співр., к.т.н., Н.Ю. Гладкова, інж.,
ІПМаш ім. А.Н. Підгорного НАН України, м. Харків

Анотація. Визначено необхідність контролювання складу бензоетанолу в паливній системі ДВЗ транспортного засобу, який використовує цей вид біопалива. Запропоновано конструкцію експериментального датчика складу бензоетанолу.

Ключові слова: бензоетанол, датчик складу бензоетанолу, паливна система.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ДАТЧИК СОСТАВА БЕНЗОЭТАНОЛА ДЛЯ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДВС

В.Н. Бганцев, ст. науч. сотр., к.т.н., Н.Ю. Гладкова, инж.,
ИПМаш им. А.Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков

Аннотация. Определена необходимость контроля состава бензоэтанола в топливной системе ДВС транспортного средства, использующего этот вид биотоплива. Предложена конструкция экспериментального датчика состава бензоэтанола.

Ключевые слова: бензоэтанол, датчик состава бензоэтанола, топливная система.

EXPERIMENTAL SENSOR OF THE BENZOETHANOL COMPOSITION FOR ENGINE FUEL SYSTEM

V. Bgantsev, PhD., Senior Researcher, N. Hladkova, Engineer, A. Podgorny, Institute
for Mechanical Engineering Problems, NAS of Ukraine, Kharkiv

Abstract. An important aspect of the economy of internal combustion engine on benzoethanol is the accuracy of regulation of the fuel-air mixture composition. This task is complicated by fluctuations in the composition of benzoethanol, depending on the refueling of the vehicle at various filling stations. In this connection, there is a need to control the composition of benzoethanol in the fuel system of the engine and adjust the fuel supply system. With this purpose, fuel systems are equipped with special sensors that generate a signal, depending on the alcohol content of the mixed fuel. In the article one of the design solutions of the experimental sensor of the benzoethanol composition and the results of its testing with fuels of various composition are given.

Key words: benzoethanol, biofuel sensor, fuel system.

Вступ

Для вимірювання складу бензоетанолу на автомобілі автовиробники використовують датчики вимірювання поточного складу бензоетанолу. Такі датчики бувають різних типів за способом вимірювання параметрів та відокремлення бензину від бензоетанолу і визначення складу останнього. За принципом роботи основні типи – це оптичні та ємнісні

датчики. За використання оптичних датчиків бензоетанол розглядається як колоїдний розчин, а бензин – як істинний розчин. При цьому крізь вимірювальну камеру, що містить паливо, пропускається промінь інфрачервоного лазера з одного боку, а з іншого встановлено оптичний перетворювач, що генерує напругу залежно від інтенсивності випромінювання.

У колоїдному розчині інтенсивність випромінювання знижується за рахунок розсіювання. Це супроводжується різким падінням рівня сигналу, який генерує оптичний перетворювач, та, відповідно, дозволяє електронному блоку керування двигуном (ЕБК) відрізати бензин від бензоетанолу (у бензині інтенсивність випромінювання майже не знижується).

Ємнісний датчик у загальному вигляді являє собою циліндричний конденсатор. Проточну порожнину утворюють дві концентрично встановлені трубки, що виконують функції обкладинок конденсатора. До обкладинок приєднуються електроди, які з'єднано з блоком вимірювання ємності, який перетворює сигнал датчика в електричний сигнал, що передається на ЕБК. Залежно від рівня сигналу (бензин, бензоетанол із вмістом етанолу – від 5 до 85 %) ЕБК формує імпульси на паливні форсунки та свічки запалювання для забезпечення ефективної роботи двигуна на різних видах палива.

Аналіз публікацій

Загальний вигляд датчика складу бензоетанолу, який використовується автовиробниками у складі паливної системи автомобіля для корегування параметрів системи керування двигуном залежно від виду та складу палива, наведено на рис. 1 [1].



Рис. 1. Загальний вигляд датчика складу бензоетанолу

Зазвичай такі датчики встановлюються у штатну паливну систему автомобіля за допомогою спеціальних адаптерів та додаткової обвідної (байпасної) паливної магістралі після паливного фільтра. Спосіб встановлення датчика поточного визначення складу бензоетанолу наведено на рис. 2 [1].

Кільцевий зазор між обкладинками датчика має бути якнайменшим – для забезпечення належного рівня сигналу та суттєво не впливати на рівень гідравлічного опору в паливній системі. При цьому у випадку його забруднення повинна здійснюватися безперер-

вна циркуляція палива у паливній магістралі автомобіля. Тому такі датчики обов'язково встановлюються в обвідній магістралі.



Рис. 2. Спосіб встановлення датчика поточного визначення складу бензоетанолу у штатну паливну систему автомобіля

Особливості конструкції типового датчика поточного визначення складу бензоетанолу наведено на рис. 3 [1].

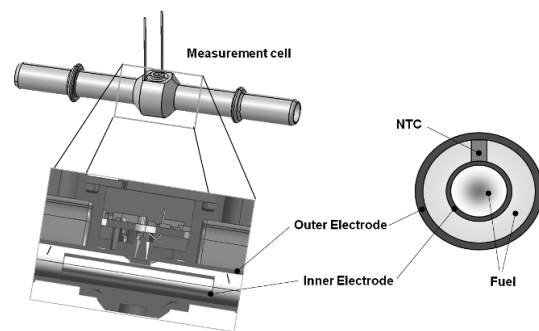


Рис. 3. Особливості конструкції датчика складу бензоетанолу

Для розрахунку ємності датчика використовується наведена нижче формула

$$C = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_r \cdot \frac{l}{\ln(R_2 / R_1)},$$

де C – ємність датчика; ϵ_r – діелектрична проникність (для бензину $\epsilon_r = 2$, а для етанолу $\epsilon_r = 25$); l – довжина активних елементів датчика; R_1 – радіус зовнішнього елемента; R_2 – радіус внутрішнього елемента.

Оскільки діелектрична проникність бензину та етанолу залежить від температури, то у складі датчика між активними елементами, що утворюють проточну порожнину, встановлено термістор з негативним температурним коефіцієнтом для вимірювання поточної температури палива та корекції ємності, що вимірюється датчиком.

Мета і постановка завдання

За кордоном датчики такого призначення мають високу вартість й інтегруються в сис-

теми електронного керування ДВЗ, які орієнтовані на роботу на бензоетанолі. Вітчизняна промисловість датчиків складу паливних сумішей для транспортних засобів не випускає.

У зв'язку з цим для проведення експериментальних досліджень роботи ДВЗ на бензоетанолі виникла необхідність у розробці експериментального зразка датчика складу бензоетанолу і потреба в його інтегруванні в систему електронного керування вітчизняного двигуна.

Розробка конструкції датчика та алгоритму взаємодії із системою електронного керування ДВЗ

У відділі поршневих енергоустановок ІП-Маш НАН України розроблено оригінальну конструкцію малогабаритного датчика поточного визначення складу палива, зокрема бензоетанолу (експериментальний датчик) (рис. 4). За типом він належить до датчиків ємності й виконаний у вигляді плоского конденсатора. Ємність плоского двообкладкового конденсатора визначається за формулою [2, 3]

$$C = 0,0884 \cdot \varepsilon \cdot S / d,$$

де ε – діелектрична проникність; S – площа поверхні обкладки конденсатора, см^2 ; d – відстань між обкладками, см .

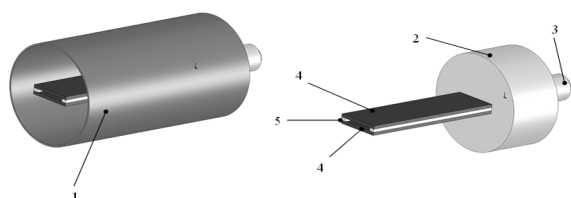


Рис. 4. Конструкція експериментального датчика (3D комп'ютерна геометрія): 1 – зовнішній корпус (матеріал – сталь); 2 – внутрішній корпус (матеріал – діелектрик); 3 – штуцер; 4 – обкладки; 5 – вставки

Датчик складу палива на основі плоского конденсатора розміщений в циліндричному корпусі, що має штуцери для підведення і відведення палива, а також виводи з обкладок конденсатора. Для проведення вимірювань датчик закріпили на вертикальній підставці з одного боку U-подібного коліна з трубки, що служить для заповнення датчика паливом.

Е ході досліджень були використані дев'ять зразків палива, що перебивають діапазон від чистого бензину до чистого спирту: бензин А-95, бензоспиртові палива Е5, Е7, Е10, Е20, Е30, Е50, Е85, Е100 із вмістом спиртової складової 5; 7; 10; 20; 30; 50; 85; 100 % за об'ємом. При проведенні дослідів датчик заповнювали послідовно кожним видом палива. Попередньо проводили промивання порожнини датчика досліджуваним паливом, зливали його, потім заповнювали знову і вимірювали ємність заповненого датчика. Температура навколишнього середовища у процесі вимірювань становила 18 °С.

Через деякий час вимірювання для всіх видів палива були проведені повторно за тієї самої температури навколишнього середовища. Також було виміряно ємність незаповненого і просушеного датчика. Результати вимірювань наведені в табл. 1. У цій же таблиці наведені розрахункові значення еквівалентної діелектричної проникності палива, визначені із залежності для ємності плоского двообкладкового конденсатора.

Таблиця 1 Результати вимірювань ємності експериментального датчика та еквівалентні значення діелектричної проникності палива

Вид палива, що заповнює датчик	Усереднена ємність експериментального датчика, пФ	Еквівалентна діелектрична проникність палива
Незаповнений датчик	31,5	0,8908
Бензин А-95	41,5	1,1736
Е5	42	1,2019
Е7	43	1,2160
Е10	43	1,2160
Е20	44	1,2443
Е30	45,5	1,2867
Е50	47,5	1,3433
Е85	50,5	1,4281
Е100	52	1,4706

Графічно зміну усередненої ємності датчика залежно від складу палива наведено на рис. 5. Як видно з рисунка, залежність має практично лінійний характер. Відносна зміна ємності датчика залежно від складу суміші становить 25,3 %.

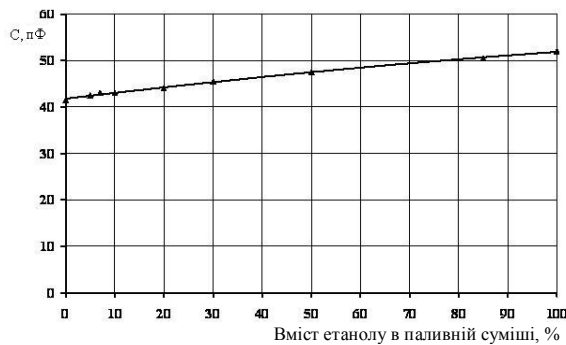


Рис. 5. Зміна усередненої ємності експериментального датчика залежно від складу бензоспиртового палива

У більш вузькому діапазоні – від чистого бензину до сумішевого палива E20 з 20 % вмістом спирту ємність датчика змінюється на 6 %. Поведінка датчика в цьому діапазоні є важливою з точки зору адаптації системи електронного керування роботою ДВЗ для палив із вмістом спирту більше 20 %. Як засвідчили експериментальні дослідження, виконані на моторному стенді з двигуном MeM3 307.1 з мікропроцесорною системою керування, саме для таких палив необхідна адаптація ДВЗ, зокрема за зміною подачі палива і значення кута випередження запалювання.

Блок-схема керування системами паливopодачі та запалювання ДВЗ залежно від виду (бензин або бензоетанол) та складу палива наведена на рис. 6.

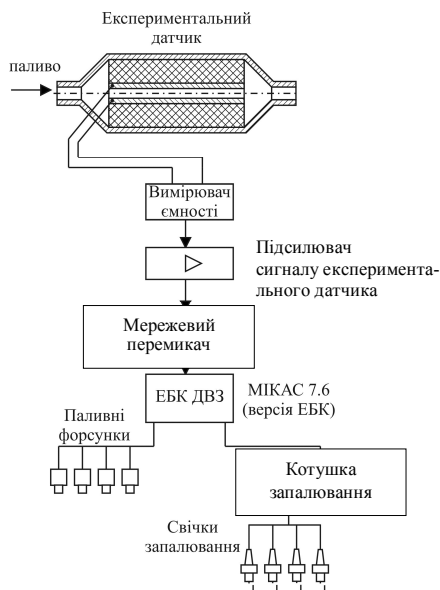


Рис. 6. Блок-схема керування системами паливopодачі та запалювання ДВЗ залежно від виду (бензин або бензоетанол) та складу палива

Алгоритм керування ДВЗ залежно від виду та складу палива наведено на рис. 7.

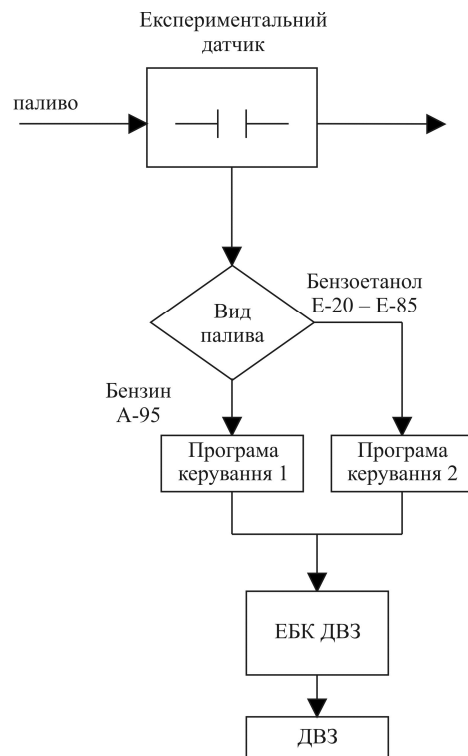


Рис. 7. Алгоритм керування ДВЗ залежно від виду та складу палива

З точки зору ефективності керування роботою ДВЗ електронним блоком, при переході на палива з помірним і високим вмістом спирту бажано мати датчик з більшою величиною зміни ємності у фіксованому (бажаному) діапазоні спиртової складової в паливі. Корисним також буде екранування датчика та електричних ланцюгів в умовах транспортного засобу.

Висновки

Розроблений експериментальний датчик складу бензоетанолу показав свою роботоздатність у паливній системі двигуна.

Під час роботи модернізованої системи керування двигуном упродовж експериментального дослідження не виникало ніяких збоїв та порушень робочого циклу двигуна в циліндрах. Керування характеристиками паливopодачі та кутом випередження запалювання дозволило забезпечити регулювання складу паливopовітряної суміші на малих та середніх потужностях за рахунок роботи датчика вмісту кисню у відпрацьованих газах. Таке регулювання сприяє досягненню прийнятної

паливної економічності й токсичності відпрацьованих газів.

Для більш надійної роботи датчика в умовах експлуатації потрібні додаткові дослідження і оптимізація конструкції.

Література

1. Flex Fuel Sensors / CVEL. – Режим доступу: <http://www.cvel.clemson.edu/auto/sensors/flex-fuel-sensor.html>.
2. Довідник по схемотехніці для радіоаматора / В.П. Боровський, В.І. Костенко, В.М. Михайленко, О.Н. Партала. – К.: Техніка, 1987. – 432 с.
3. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. – С.Пб.: Иван Федоров, 2003. – С. 160.

References

1. Flex Fuel Sensors. Available at: <http://www.cvel.clemson.edu/auto/sensors/flex-fuel-sensor.html> / (accessed 22.06.2017).
2. Borovskyi V.P., Kostenko V.I., Mykhailenko V.M., Partala O.N. *Dovidnyk po skhemotekhnitsi dlia radioamatora* [A guide to circuitry for the radio amateur]. Kyiv, Tekhnika Publ., 1987. 432 p.
3. *Kratkiy spravochnik fiziko-himicheskikh velichin* [Quick reference book of physical and chemical quantities]. Sankt-Peterburg, Ivan Fedorov Publ., 2003. 160 p.

Рецензент: Ф.І. Абрамчук, професор, д.т.н., ХНАДУ.
