

УДК 629.114 : 631.3.06

## **АДАПТАЦІЯ ДВЗ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЕННЯМ ДО ТРАКТОРНОГО РЕЖИМУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**В.М. Третяк**, канд. техн. наук, доц.,  
**С.В. Ткачук**, зав. сектору автоматизації,  
**Р.Г. Шкарівський**, м. н. с.  
ННЦ «ІМЕСГ»

*Запропоновано електронну систему регулювання частоти обертання ДВЗ з іскровим запаленням для їх адаптації до тракторного режиму.*

**Ключові слова:** МТА, ДВЗ, регулятор частоти обертання, мікроконтролер.

**Проблема.** Постійне зростання світових цін на вуглеводневе паливо негативно впливає на рентабельність сільськогосподарської продукції. Тому провідні світові тракторобудівні фірми приділяють велику увагу переходу мобільних енергетичних засобів на більш дешеві альтернативні палива. Наприклад, на міжнародній виставці SIMA фірма «VALTRA» показала трактор, двигун якого працює на стисненому біогазі, який одержується з біореакторів тваринницьких ферм. У Росії розвивається програма використання стисненого метану в транспортному та сільськогосподарському виробництві. Велика частка бразильських автомобілів використовує біоетанол. В Україні двигуни для сільськогосподарських мобільних енергетичних засобів не виробляються. Переобладнання імпортованих двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), які встановлюються на українські трактори (ЯМЗ, ММЗ, DEUTZ, КамАЗ), пов'язано з втратою гарантійних зобов'язань заводів-виробників.

Мелітопольський моторний завод масово виготовляє автомобільну модифікацію двигуна з іскровим запаленням інжекторного типу МеМЗ-307. Ці двигуни добре зарекомендували себе в експлуатації. Вони надійно працюють як на бензині, так і на газовому паливі (пропан-бутан, метан). В автомобільному транспорті замість бензину широко впроваджується скраплений пропан-бутан. Тому доцільно провести наукові дослідження з конверсії двигуна МеМЗ-307 в тракторний режим.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Тракторний режим роботи ДВЗ відрізняється від автомобільного режиму тим що МТА повинен рухатись з постійною технологічною швидкістю. Тому ДВЗ всіх тракторів (бензинових, дизельних, газотурбінних) обладнуються регулятором частоти обертання. Існує велика кількість літературних джерел з теорії автоматичного регулювання двигунів внутрішнього згорання [1]. В якості чутливого елемента використовується переважно принцип відцентрового регулятора Уатта. Але сучасна мікропроцесорна елементна база дає можливість створювати дешеві та надійні системи регулювання на інших принципах.

**Мета досліджень.** Розробити систему регулювання технологічної швидкості МТА для тракторів, які обладнано ДВЗ з іскровим запаленням.

**Метод досліджень.** Аналітичний та монографічний методи.

**Результати досліджень.** Потужність двигуна MeM3-307 регулюється кількістю горючої суміші, яка подається в циліндри. Керуючі дії рухають дросельну заслінку подачі повітря у ресивер впускного тракта. Відповідно до кількості повітря та сигналів з інших датчиків електронний блок керування визначає необхідну кількість пального (бензину, пропан-бутану, метану) для створення стехіометричної запалювальної суміші. Тому доцільно керуючі дії від виконавчого пристрою прикладати до дросельної заслінки. Аналогічні конструкційні рішення використовують у поширених системах всебічного контролю, як показано на рис. 1.

На наведеній схемі в якості виконавчого пристрою використовується вакуумна камера. Але сучасні електричні двигуни дають можливість побудувати надійну конструкцію з мінімальною кількістю механічних елементів, що значно здешевлює конструкцію. Тому в якості виконавчого пристрою вибрано електричний двигун з редуктором та гвинтовим механізмом для одержання поступального руху (рис. 2).

Сучасні електронні системи регулювання виконуються за комбінованим принципом побудови зворотних зв'язків [2]. Це пропорційно — інтегрально — диференціальний (ПІД) регулятор — пристрій у керуючому контурі із зворотним зв'язком. Використовується в системах автоматичного управління для формування керуючого сигналу з метою отримання необхідних точності і якості перехідного процесу. ПІД-регулятор формує керуючий сигнал, який є сумою трьох доданків, перший з яких пропорційно різниці вхідного сигналу і

сигналу зворотного зв'язку (сигнал неузгодженості), друге — інтеграл сигналу неузгодженості, третє — похідна сигналу неузгодженості.

Якщо якісь з складових не використовуються, то регулятор називають пропорційно-інтегральним, пропорційно-диференціальним, пропорційним та інше.

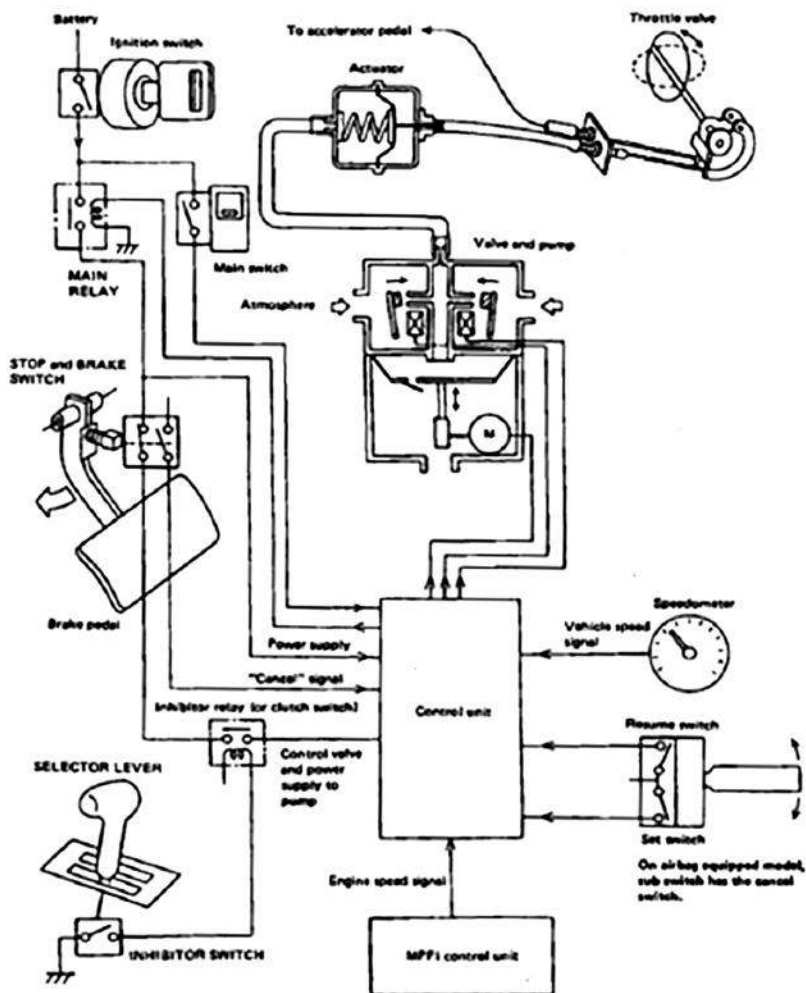


Рис. 1. Принципова схема роботи системи всебічного контролю

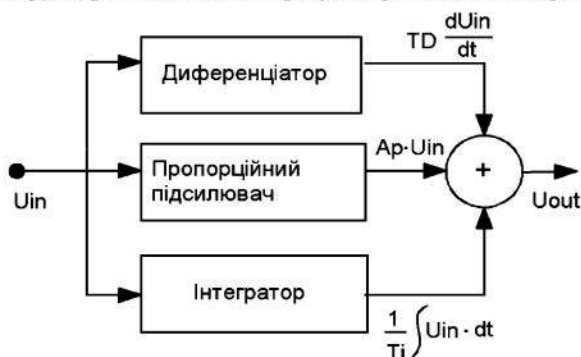
Пропорційна складова виробляє вихідний сигнал, який протидіє відхиленню величини регулювання від заданих значень, які спостерігаються в даний поточний момент часу. Він тим більше, чим більше це відхилення. Якщо вхідний сигнал дорівнює заданому значенню, то вихідний дорівнює нулю.

Інтегральна складова пропорційна інтегралу від відхилення регульованої величини. Її використовують для усунення статичної помилки. Вона дає можливість регулятору з часом врахувати статичну помилку.

У відповідності до класичної теорії регуляторів, найкращі показники щодо швидкості реакції та точності слідування за змінною величиною виявляють так звані ПІД регулятори (пропорційно інтегрально диференціальні регулятори). Узагальнена структурна схема такого регулятора наведена на рис. 3.



*Рис. 2. Електричний виконавчий пристрій для керування дросельною заслінкою*



*Рис. 3. Структурна еквівалентна схема роботи ПІД-регулятора:  $U_{in}$  — сигнал неузгодженості,  $U_{out}$  — регулююча змінна,  $TD$  — постійна часу диференціатора,  $A_p$  — коефіцієнт підсилення пропорційного підсилювача,  $T_i$  — постійна часу інтегратора*

Для випадку задачі стабілізації частоти обертання ДВЗ,  $U_{in}$  — це різниця між фактичним поточним значенням частоти обертання та заданим значенням;  $U_{out}$  — кількість пального, що подається в двигун, або пропорційна керуюча напруга. На рис. 4 наведено амплітудно-частотну характеристику регулятора.

Наведені на рис. 3 компоненти регулятора можливо реалізувати програмним шляхом — за допомогою цифрових фільтрів. Реалізація фільтрів регулятора у вигляді програми має ряд переваг, а саме:

- спрощується конструкція приладу, що здешевлює його для кінцевого споживача;
- з'являється можливість просто та швидко змінювати параметри регулятора, що зручно на етапі проектування приладу.

Інтегратор та пропорційний підсилювач можливо виконати за допомогою нерекурсивного фільтра, що описується рівнянням:

$$y(k) = \sum_{n=0}^N b_n x(k-n), \quad (1)$$

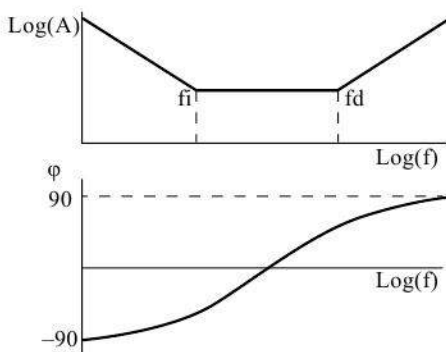
де  $y(k)$  — вихідна змінна фільтра;  $k$  — номер відліку;  $n$  — індекс;  $x(k-n)$  — дані на вході фільтра;  $b_n$  — коефіцієнти — параметри фільтра.

Диференціатор можливо виконати за допомогою рекурсивного фільтра, що діє у відповідності із рівнянням:

$$y(k) = \sum_{n=0}^N b_n x(k-n) - \sum_{m=1}^M a_m y(k-m), \quad (2)$$

де  $a_m$  — дійсні коефіцієнти;  $m$  — індекс;  $M$  — число — кількість коефіцієнтів  $a_m$ .

Розроблена принципова схема макетного зразка електронного ПД-регулятора приведена на рис. 5.



**Рис. 4.**  $A$  — модуль передаточної функції регулятора,  $\varphi$  — фазова характеристика,  $f_i$  та  $f_d$  — граничні частоти дії інтегральної та диференціальної ланок регулятора відповідно

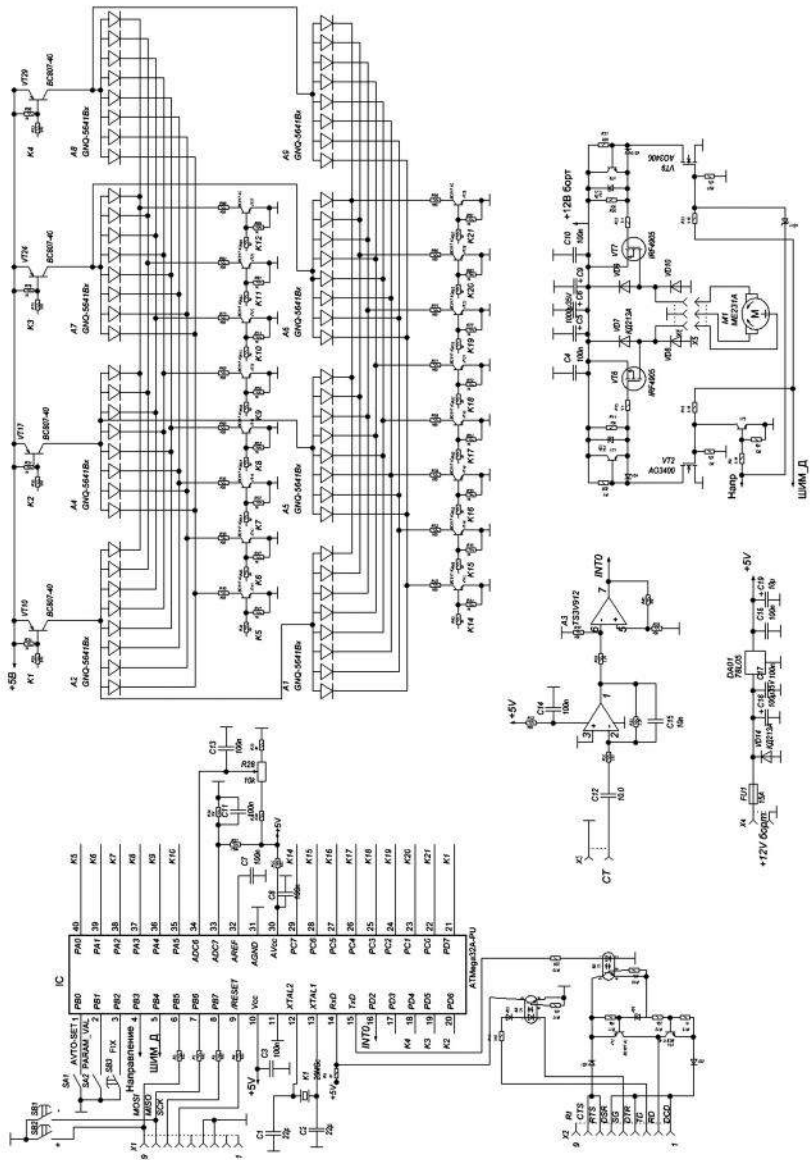


Рис. 5. Принципова схема макетного зразка регулятора

Регулятор побудовано на базі поширеного 8-ми розрядного мікроконтролера АТМega 32А-PU. Дані програми, за якою виконуються операції, зберігаються не менше 20 років. Тактова частота в 16 МГц достатня для забезпечення необхідної швидкодії регулювання.

Висновки. Розроблена система регулювання технологічної швидкості МТА для тракторів які обладнано ДВЗ з іскровим запаленням дає можливість використовувати двигун MeM3-307, який працює на скрапленій газовій пропан-бутановій суміші.

### **Бібліографія**

1. <http://www.autoshcool.ru/3788-perevod-dizelnogo-dvigatelya-na-gaz.html>
2. <http://ru.wikipedia.org/>

### **АДАПТАЦИЯ ДВС С ИСКРОВЫМ ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ К ТРАКТОРНОМУ РЕЖИМУ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Предложена электронная система регулирования частоты вращения ДВС с искровым воспламенением для их адаптации к тракторному режиму.*

*Ключевые слова: МТА, ДВС, регулятор частоты вращения, микроконтроллер.*

### **ADAPTATION OF ICE IS WITH SPARK INFLAMMATION TO THE TRACTOR MODE OF EXPLOITATION**

*Turn control electronic system for internal combustion engine with spark inflammation for tractor operation mode.*

*Key words: tractor units, ICE, regulator of frequency of rotation, microcontroller.*