

УДК 621.43
UDC 621.43

СТРУКТУРА ТА ЕТАПИ РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ДВИГУНА

Лисовал А.А., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Свистун Ю.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Штрибець В.В., Київська державна академія водного транспорту, Київ, Україна

STRUCTURE AND STAGES DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF ENGINE

Lisoval A.A., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Svystun Yu.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Shtribets V.V., Kyiv State Academy of Water Transport, Kyiv, Ukraine

СТРУКТУРА И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

Лисовал А.А., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Свистун Ю.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Штрибець В.В., Киевская государственная академия водного транспорта, Киев, Украина

Вступ. В дизелебудуванні інтенсивно впроваджуються електронні системи автоматичного керування (САК) двигуном і його системами. Цей процес відбувається, в першу чергу, в швидкодіючих системах подачі палива з високою енергією впорскування. Акумуляторні системи паливоподачі типу Common Rail неможливо використовувати без мікропроцесорної САК, але функція системи автоматичного регулювання частоти (САРЧ) обертання колінчастого вала дизеля залишається обов'язковою [1, 2].

Кафедра двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету (НТУ) має багаторічний досвід розробки і впровадження САК для різних двигунів: дизелів, бензинових і газових з іскровим запалюванням, газодизелів та інших. У напрямку розробки і впровадження електронного керування (мікропроцесорні САК) кафедра двигунів і теплотехніки НТУ співпрацює з Інститутом газу НАН України. Спільно розроблено і випробувано конструкції дворежимного і всережимного мікропроцесорних САРЧ для автотракторних дизелів [3, 4].

Мікропроцесорний всережимний регулятор з ПІД-алгоритмом керування був створений на базі стандартних вузлів фірми HEINZMANN [4]. Цей регулятор став базою для розробки мікропроцесорної САК швидкості газового двигуна. Газовий двигун 8ГЧ10/8,8 працює на привод електричного генератора потужністю 30 кВт, мікропроцесорна САК для підтримання стабільної швидкості обертання колінчастого вала діє на приводу газової заслінки дозатора газу, що виконує функцію газоповітряного змішувача (ГЗ) [5].

Розробка і налаштування мікропроцесорних САК неможлива без застосування математичного моделювання і програм, створених для їх реалізації. Для реалізації математичних моделей мікропроцесорних САК двигуном застосовано математичний комплекс програмування Matlab з графічним розширенням SIMULINK [6, 7].

Мета роботи – узагальнення досвіду розробки математичних моделей мікропроцесорних САК двигунів внутрішнього згорання. В статті описано етапи розробки моделей, структуру і принцип роботи математичної моделі всережимної САРЧ дизеля з електронним ПІД-алгоритмом керування дизелем та особливості математичної моделі для мікропроцесорної САК швидкості газового двигуна.

Етапи розробки математичної моделі САК двигуна внутрішнього згорання.

Під час розробки математичних моделей САРЧ дизелів розповсюдження отримав метод динамічного моделювання на основі використання досліdnих статичних характеристик інерційних ланок, що входять до неї. Основні положення цього методу надруковано в працях Крутова В.І., Долганова К.Є. і започатковано як "квазістатичний" підхід для складання математичних моделей САРЧ [8].

Процес розробки математичної моделі САК двигуна з наступним використанням комплексу Matlab розбили на 7 етапів:

- розробка найвищого ієрархічного рівня, до якого входить «САК двигуна», зовнішнє навантаження та інші зовнішні фактори або збурення;
- деталізація блоку «САК двигуна» на не менше, ніж дві підсистеми: безпосередньо двигун, мікропроцесорна система – це середній ієрархічний рівень замаскований в «САК двигуна»;
- за необхідності деталізація середнього ієрархічного рівня на додаткові блоки, які описують роботу відповідних систем двигуна (паливоподачі, газотурбінного наддуву та інші);
- деталізація підсистеми «мікропроцесорна система» за розробленою функціональною схемою – це найнижчий ієрархічний рівень моделі замаскований в блоці «мікропроцесорна система»;
- за необхідності розширення кількості блоків найнижчого ієрархічного рівня моделі;
- поетапне налаштування всіх блоків і рівнів моделі;
- перевірка адекватності математичної моделі в цілому. Методика перевірки адекватності математичної моделі САК дизеля за усталених і перехідних режимів описано в праці [9].

Математична модель САК дизеля. Математичну модель розділено за ієрархічно-блочним принципом. Кожен з блоків відповідно функціональному призначенню описує певну складову двигуна або його підсистеми. Найчастіше в кожен блок входить одна або більше інерційних ланок, які описуються диференціальними рівняннями [8]. Верхній ієрархічний рівень математичної моделі показано на рис. 1, а. Поруч розміщено фото, як приклад складної технічної системи двигун-навантаження (рис. 1, б).

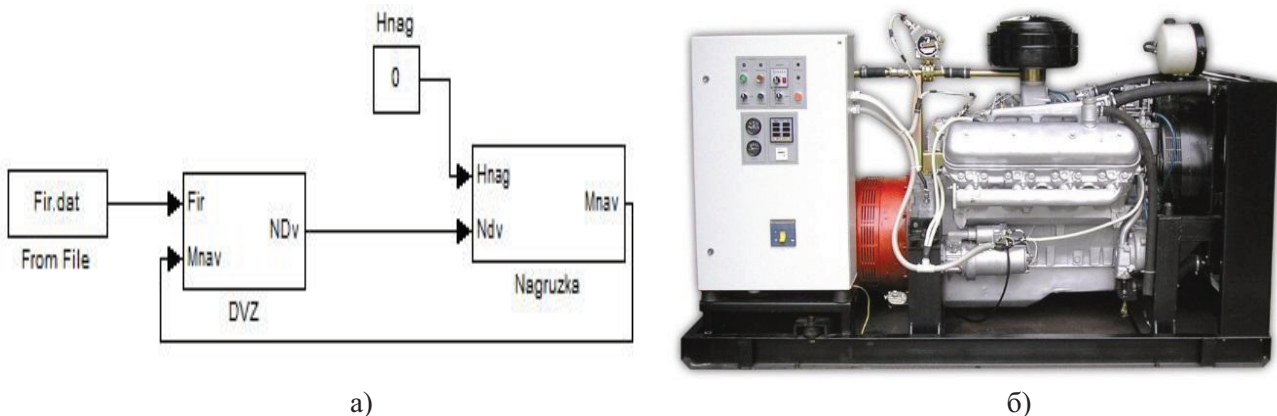


Рисунок 1 – Технічна система двигун-навантаження:

а) найвищий ієрархічний рівень моделі двигуна обладнаного електронною САК в програмному комплексі Matlab; б) фото дизель-генератора (на базі двигуна ЯМЗ-238М2)

Найвищий ієрархічний рівень (рис. 1, а) складається з математичних блоків DVZ – розрахунковий блок дизеля зі встановленою САК та Nagruzka – розрахунковий блок зовнішнього навантаження. Параметри та зв'язки для цих блоків: Fir – переміщення цифрової педалі газу, NDv – частота обертання колінчастого вала, Mnav – момент навантаження на колінчастому валу дизеля, Hnag – початкове значення навантаження.

Блок зовнішнього навантаження, що відтворює роботу електричного генератора або гальмівного стенда, було задано рівнянням:

$$M_{нг} = A_{нг} \cdot n_{д} + H_{нг}, \quad (1)$$

де $M_{нг}$ – момент зовнішнього навантаження;

$n_{д}$ – частота обертання колінчастого вала дизеля;

$A_{нг}$ та $H_{нг}$ – коефіцієнти апроксимації.

Блок DVZ укрупнено розділили на чотири структурно-функціональні ланки, три з яких описали як інерційні – це безпосередньо дизель, система турбонадуву та електронного регулятора. Систему паливоподачі, яка об'єднує паливний насос високого тиску (ПНВТ), трубопроводи високого тиску, форсунки, описали як безінерційну ланку. Математичну модель блоку DVZ в програмному комплексі Matlab/ SIMULINK показано на рис. 2, а – це середній ієрархічний рівень моделі.

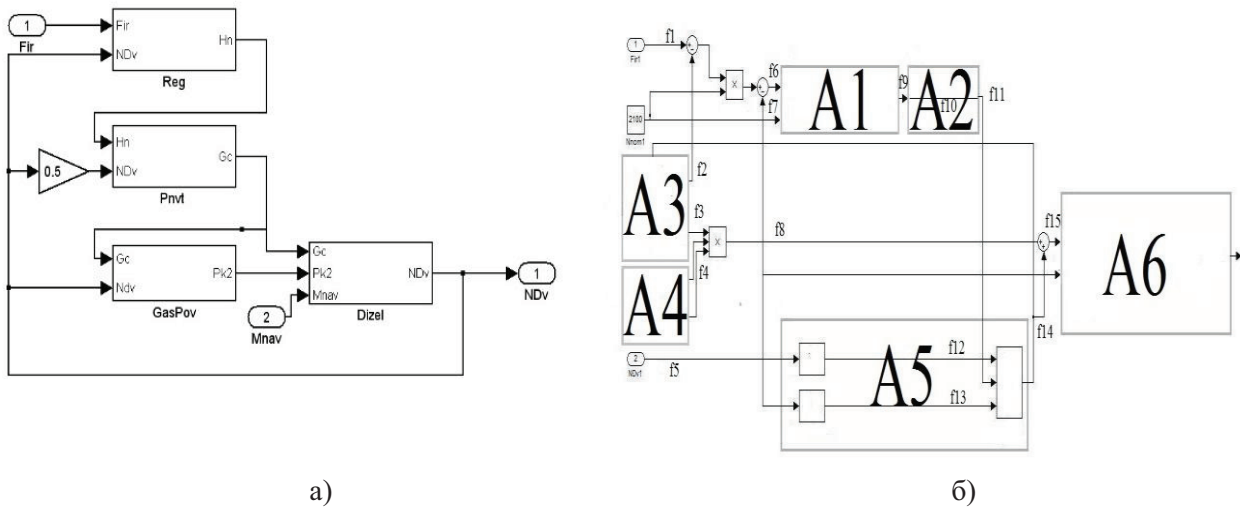


Рисунок 2 – Математичні моделі середнього а) і найнижчого б) ієрархічного рівнів:
 Reg – блок електронного регулятора (або мікропроцесорна система); Pnvt – блок ПНВТ;
 GasPov - блок турбонаддуву; Dizel – блок дизеля; Hn – переміщення рейки ПНВТ;
 Gc – циклова подача палива, Pk2 – тиск у впускному колекторі; A1-A6 – функціональні блоки
 електронної САПЧ спільно з ПНВТ; f1-f15 – зв'язки між функціональними блоками моделі

Математична модель електронної САПЧ з ПНВТ дизеля (рис. 2, б) складається з блоків-підсистем A1-A6 та зв'язків між ними f1-f15.

У функціональному блоці A1 відбувається моделювання роботи мікропроцесорного блоку керування з ПІД-алгоритмом регулювання частотою обертання колінчастого вала дизеля. В основу цього блоку закладено рівняння

$$e_{PID}(t) = K_p \cdot e(t) + K_I \cdot \int_t^{t_0} e(t) dt + K_D \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

де $e_{PID}(t)$ – вихідний сигнал мікропроцесорного блоку керування;

$e(t)$ – вхідний сигнал блоку керування;

K_p , K_I и K_D – пропорційний, інтегральний і диференціальний коефіцієнти підсилення відповідних ПІД-параметрів.

Функціональний блок A2 моделює роботу виконавчого механізму, який кінематично з'єднаний з рейкою ПНВТ. Блок A3 дозволяє змінювати кут нахилу регуляторної гілки. Функціональний блок A4 введено для імітації впливу зовнішніх вібрацій від дизеля до електронної САПЧ і навпаки – впливу вібрацій від САПЧ на дизель. Блок A5 обмежує верхні і нижні граничні значення циклових подач палива. Верхнє обмеження формує зовнішню швидкісну характеристику дизеля, нижнє – характеристику холостого ходу.

Блок A6 відтворює роботу безінерційної ланки «ПНВТ». Характеристики конкретного ПНВТ задавали графічно-матричним способом за результатами обробки експериментальних характеристик насоса з фіксованою рейкою. В результаті застосування блоку A6 в програмі Reg найнижчого ієрархічного рівня (рис. 2, б) відмовились від блоку Pnvt на середньому ієрархічному рівні (рис. 2, а).

Блок GasPov (рис. 2, а) описує роботу системи газотурбінного наддуву і відноситься до середнього рівня ієрархії моделі. Цей блок об'єднує три інерційні ланки (турбокомпресор, впускний трубопровід і випускний колектор) та безінерційну ланку проміжного охолоджувача повітря наддуву. За необхідності досліджень цей блок можна деталізувати і створити додатковий найнижчий ієрархічний рівень.

Особливості математичної моделі САК швидкості газового двигуна.

Як писали вище розроблена мікропроцесорна САПЧ дизеля була випробувана на дизель-генераторі, автотракторних дизелях 8Ч13/14 та 4ЧН12/14. Ця мікропроцесорна система стала основою для розробки САК швидкості газового двигуна, який працює на привод електричного генератора [5]. Газовий двигун конвертували з бензинового двигуна з іскровим запалюванням для роботи на природному газі і дали маркування 8ГЧ10/8,8.

Найвищий ієрархічний рівень моделі (рис. 1, а) залишився, в основному, без змін. В блок зовнішнього навантаження в формулу (1) внесли зміни відповідно використаному генератору. На рис. 3 зображено виконавчий механізм САК швидкості газового двигуна.

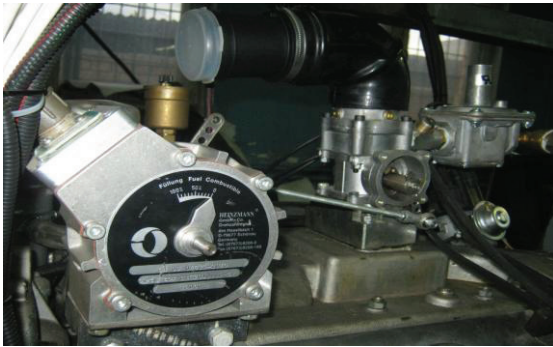


Рисунок 3 – Фото виконавчого механізму на газовому двигуні 8ГЧ10/8,8

Виконавчий механізм (ліворуч) електромагнітного типу через тягу з'єднано з дросельною заслінкою газоповітряного змішувача (ГЗ), який розміщений праворуч. Зверху до ГЗ подається повітря, а з правої сторони надходить газове паливо після вирівнювання тиску в редукторі (крайній вузол праворуч). ГЗ встановлено на верхній частині V-подібного впускного колектора двигуна 8ГЧ10/8,8.

Виконавчий механізм отримує електричний сигнал управління від мікропроцесорного блоку керування з ПІД-алгоритмом регулювання частотою обертання колінчастого вала двигуна, має зворотній зв'язок за положенням свого вихідного вала.

Мікропроцесорна САК швидкості через ГЗ здійснює відповідне дозування газоповітряної горючої суміші для підтримання стабільної частоти обертання колінчастого вала газового двигуна, який працює на привод електрогенератора.

Розроблену функціональну схему САК швидкості газового двигуна показано на рис. 4.

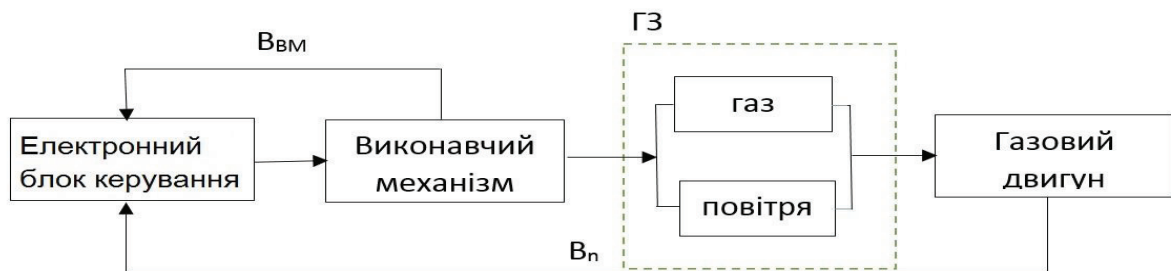


Рисунок 4 – Функціональна схема САК швидкості газового двигуна 8ГЧ10/8,8:

ГЗ – газовий змішувач з дросельною заслінкою; V_n – електричний сигнал частоти обертання колінчастого вала двигуна; $V_{вм}$ – зворотній зв'язок за положенням вала виконавчого механізму.

Відповідно функціональній схемі (рис. 4) середній ієрархічний рівень моделі (рис. 2, а) містить два блоки. Це блоки Reg – мікропроцесорної САК швидкості і блок Dizel, який тепер описує обертальний рух газового двигуна за диференціальним рівнянням

$$\frac{dn_d}{dt} = \frac{30}{J_c \cdot \pi} (M_i - M_M - M_{HT}), \quad (3)$$

де n_d – частота обертання колінчастого вала газового двигуна;

$J_c = J_d + J_a$ – приведений до колінчастого вала двигуна сумарний момент інерції рухомих мас двигуна і електричного генератора;

M_i, M_M, M_{HT} – індикаторний крутний момент, момент умовних механічних втрат в газовому двигуні, момент зовнішнього навантаження з формули (1).

Блок GasPov (рис. 2 а) відсутній, бо двигун 8ГЧ10/8,8 без газотурбінного наддуву. Блок Pnvt, як і у дизеля, увійшов до блоку А6 найнижчого ієрархічного рівня (рис. 2 б). Відповідно функціональній схемі (рис. 4) блок А6 описує роботу ГЗ.

На відміну від дизеля, САК швидкості газового двигуна регулює два канали – повітря і газове паливо. Принцип роботи розробленого САК швидкості для різного типу двигунів однаковий – це регулювання за ПІД-алгоритмом руху виконавчого механізму, який взаємодіє з органом дозування палива або горючої суміші. У дизелі це рейка, у газовому двигуні – дросельна заслінка.

Блоки А1-А5 (рис. 2 б) моделювання мікропроцесорного блоку керування і виконавчого механізму залишилися без змін.

Функціональний блок А6, який моделює ГЗ, описано рівняннями секундних витрат (кг/с) повітря і газового палива

$$G_{\text{пов}} = f_{\text{д}} \rho_{\text{пов}} W_{\text{пов}}, \quad (4)$$

$$G_{\text{пал}} = f_{\text{ж}} \rho_{\text{пал}} W_{\text{пал}}, \quad (5)$$

де $f_{\text{д}}$, $f_{\text{ж}}$ – площі мінімального перерізу дифузора і газового жиклера відповідно;

$\rho_{\text{пов.}}$, $\rho_{\text{пал}}$ – густина повітря і газового палива;

$W_{\text{пов.}}$, $W_{\text{пал}}$ – швидкості руху повітря в перерізі дифузора та газового палива в жиклері відповідно.

Швидкості руху повітря в перерізі дифузора та газового палива в жиклері описані рівняннями

$$W_{\text{пов}} = \mu_{\text{д}} \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{пов}}} \Delta p_{\text{д}}}, \quad (6)$$

$$W_{\text{пал}} = \mu_{\text{ж}} \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{пал}}} \Delta p_{\text{д}}}, \quad (7)$$

де $\mu_{\text{д}}$, $\mu_{\text{ж}}$ – коефіцієнти витрат повітря крізь дифузор і газу крізь жиклер відповідно;

$\Delta p_{\text{д}}$ – перепад тисків в камері змішування ГЗ.

Функціональний блок А4 створено на основі генератора випадкових коливань. Змінюючи період і амплітуду коливань можна імітувати можливі та реальні коливання (або вібрації), які передаються на привод дросельної заслінки. Цю робочу функцію важливо мати при налаштуванні ПД-параметрів.

Висновки.

Використання мікропроцесорних систем керування двигуном є актуальним питанням для автомобільної і енергетичної галузі в цілому та потребує при розробці, налаштуванні використання динамічних математичних моделей. Для реалізації розроблених математичних моделей бажано використовувати комплекс програмування Matlab з графічним розширенням SIMULINK, що дозволяє створити модель ідентичну за видом до функціональної схеми САК двигуна, спростити налаштування моделі і досліджувати кожний (блок) рівень моделі самостійно. Ієрархічно-блочна побудова моделі дозволяє в подальшому деталізувати необхідні блоки, вводити нові зв'язки.

Етапи розробки і структура побудови математичних моделей в Matlab/SIMULINK пройшли апробацію при розробці САК дизеля 4ЧН12/14 і САК швидкості газового двигуна 8ГЧ10/8,8, які були розроблені на базі стандартних вузлів фірми HEINZMANN та випробувані в моторних і дорожніх умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Прохоренко А.А. Математическое моделирование и расчетно-экспериментальное исследование механизма регулирования подачи ТНВД аккумуляторной топливной системы дизеля [Текст] / А.А. Прохоренко, И.Г. Пожидаев // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – №2. – С. 3–8.
2. Прохоренко А.А. Математическая модель САК дизеля с аккумуляторной ТС в пространстве состояний [Текст] / А.А. Прохоренко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – №1. – С. 14–19.
3. Лисовал А.А. Микропроцессорный регулятор дизеля и расчёт цикловой подачи топлива [Текст] / А.А. Лисовал, С.В. Кострица, А.В. Вербовский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – № 2. – С. 58–61.

4. Лисовал А.А. Всережимный электронный регулятор дизеля колесного транспортного средства [Текст] / А.А. Лисовал, А.В. Вербовский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2012. – №1. – С. 49–52.
5. Лисовал А.А. Моделирование работы электронного ПИД-регулятора скорости двигателя внутреннего сгорания [Текст] / А.А. Лисовал, А.В. Вербовский, Ю.А. Свистун // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – №2. – С. 51–54.
6. Дэбни Дж. Simulink 4. Секреты мастерства / Дж.Б. Дэбни, Т.Л. Харман: пер. с англ. М.Л. Симонова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 403 с.
7. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основные применения. Серия «Библиотека профессионала» / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.
8. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания / В.И. Крутов: учебник для студ. вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». – [5-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 516 с.
9. Лисовал А.А. Проверка адекватности математической модели системы автоматического регулирования дизеля [Текст] / А.А. Лисовал, А.В. Вербовский, С.В. Кострица // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №2. – С. 64–69.

REFERENCES

1. Prokhorenko A.A. Mathematical modeling and computational and experimental investigation of the mechanism of regulation of the fuel supply pump of the storage system of a diesel engine / A.A. Prokhorenko, I.G. Pozhidaev // Internal combustion engines. – 2014. – №2. – P. 3–8. (Rus)
2. Prokhorenko A.A. A mathematical model with ATS diesel storage vehicle in the state space / AA Prokhorenko // Internal combustion engines. – 2015. – №1. – P. 14–19. (Rus)
3. Lisoval A.A. The microprocessor control of diesel and calculation of the cycle fuel supply / A.A. Lisoval, S.V. Kostritsa, A.V. Verbovsky // Internal combustion engines. – 2010. – № 2. – P. 58–61. (Rus)
4. Lisoval A.A. All-speed electronic diesel control wheeled vehicle / A.A. Lisoval, A.V. Verbovsky // Internal combustion engines. – 2012. – №1. – P. 49–52. (Rus)
5. Lisoval A.A. Modeling of electronic PID speed of the internal combustion engine / A.A. Lisoval, A.V. Verbovsky, Yu.A. Svystun // Internal combustion engines. – 2016. – №2. – P. 51–54. (Rus)
6. J. Dabney. Simulink 4. Secrets Excellence / J.B. Dabney, T.L. Harman: Per. with Eng. M.L. Simonov. - M.: Binom. Knowledge Laboratory, 2003. – 403 p. (Rus)
7. V.P. Dyakonov MATLAB 6.5 SP1 / 7 + Simulink 5/6. Main applications. «Library professional» series / VP Deacons. – M.: SOLON-Press, 2005. – 800 p. (Rus)
8. Vladimir Krutov Automatic regulation and control of internal combustion engines / V.I. Krutov: the textbook for students. Higher education institutions, students majoring in «Internal Combustion Engines». – [Fifth edition revised and updated] – M.: Engineering, 1989. – 516 p. (Rus)
9. A.A. Lisoval Check the adequacy of the mathematical model of the automatic control system of diesel / A.A. Lisoval, A.V. Verbovsky, S.V. Kostritsa // Internal combustion engines. – 2011. – №2. – P. 64–69. (Rus)

РЕФЕРАТ

Лісовал А.А. Структура та етапи розробки математичної моделі системи автоматичного керування двигуна / А.А. Лісовал, Ю.А. Свистун, В.В. Штрибець // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Мета роботи – узагальнення досвіду розробки математичних моделей мікропроцесорних систем автоматичного керування (САК) двигунів внутрішнього згорання. В статті описано етапи розробки моделей, структуру і принцип роботи математичної моделі всережимної системи автоматичного регулювання частоти обертання (САРЧ) колінчастого вала дизеля з електронним ПІД-алгоритмом керування дизелем та особливості математичної моделі для мікропроцесорної САК швидкості газового двигуна.

Використання мікропроцесорних систем керування двигуном є актуальним питанням для автомобільної і енергетичної галузі в цілому та потребує при розробці, налаштуванні використання динамічних математичних моделей. Для реалізації розроблених математичних моделей бажано використовувати комплекс програмування Matlab з графічним розширенням SIMULINK, що дозволяє

створити модель ідентичну за видом до функціональної схеми САК двигуна, спростити налаштування моделі і досліджувати кожний (блок) рівень моделі самостійно. Ієрархічно-блочна побудова моделі дозволяє в подальшому деталізувати необхідні блоки, вводити нові зв'язки.

Етапи розробки і структура побудови математичних моделей в Matlab/SIMULINK пройшли апробацію при розробці САРЧ дизеля 4ЧН12/14 і САК швидкості газового двигуна 8ГЧ10/8,8, які були розроблені на базі стандартних вузлів фірми HEINZMANN та випробувані в моторних і дорожніх умовах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, ДИЗЕЛЬ, ІСКРОВЕ ЗАПАЛЮВАННЯ, ГАЗОВИЙ ДВИГУН, АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ABSTRACT

Lisoval A.A., Svystun Yu.A., Shtribets V.V. Structure and stages development of mathematical model for automatic control system of engine. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

Purpose – to summarize the experience of the development of mathematical models of microprocessor automatic control systems of internal combustion engines. The article describes how the modeling, structure and principle of operation mathematical all-mode model of automatic frequency control diesel engine with electronic PID control algorithm of diesel and features of mathematical model for microprocessor automatic control speed of gas engine.

The use of microprocessor engine control is a key issue for the automotive and energy industry as a whole and requires the development, customization using dynamic mathematical models. To implement the developed mathematical models is desirable to use a set of Matlab programming with graphical extension SIMULINK, allowing you to create a model identical in appearance to a functional model of automatic control of the engine, to simplify setup and explore each model (block) level models of their own. Hierarchical-blok building model allows further detail necessary blocks to introduce new connections.

Stages of development and structure of constructing mathematical models in Matlab / SIMULINK were tested in the development of automatic control of speed of the diesel engine with four-cylinders (diameter of the cylinders – 120 mm, piston stroke – 140 mm) and automatic control of speed of the gas engine with eight-cylinders (diameter of the cylinders – 100 mm, piston stroke - 88 mm). They were developed and based on the company's HEINZMANN and tested.

KEYWORDS: INTERNAL COMBUSTION ENGINE, DIESEL, SPARK IGNITION, GAS ENGINE, AUTOMATIC CONTROL, MATHEMATICAL MODELING.

РЕФЕРАТ

Лисовал А.А. Структура и этапы разработки математической модели системы автоматического управления двигателя / А.А. Лисовал, Ю.А. Свистун, В.В. Штрибец // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Цель работы - обобщение опыта разработки математических моделей микропроцессорных систем автоматического управления (САУ) двигателей внутреннего сгорания. В статье описаны этапы разработки моделей, структура и принцип работы математической модели всережимной системы автоматического регулирования частоты (САРЧ) вращения коленчатого вала дизеля с электронным ПИД-алгоритмом управления дизелем и особенности математической модели для микропроцессорной САУ скорости газового двигателя.

Использование микропроцессорных систем управления двигателем является актуальным вопросом для автомобильной и энергетической отрасли в целом и требует при разработке, настройке использования динамических математических моделей. Для реализации разработанных математических моделей желательно использовать комплекс программирования Matlab с графическим расширением SIMULINK, что позволяет создать модель идентичную по виду к функциональной модели САУ двигателя, упростить настройки модели и исследовать каждый (блок) уровень модели самостоятельно. Иєрархически блочная построение модели позволяет в дальнейшем детализировать необходимые блоки, вводить новые связи.

Этапы разработки и структура построения математических моделей в Matlab/SIMULINK прошли апробацию при разработке САРЧ дизеля 4ЧН12/14 и САУ скорости газового двигателя 8ГЧ10/8,8, которые были разработаны на базе стандартных узлов фирмы HEINZMANN и испытаны в моторных и дорожных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ДИЗЕЛЬ, ИСКРОВОЕ ЗАЖИГАНИЕ, ГАЗОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

АВТОРИ:

Лісовал Анатолій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: li-dvz@bigmir.net, тел. +380988222541, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Свистун Юрій Анатолійович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: svystun_yurec@ukr.net, тел. +380633529751, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Штрибець Валерій Валерійович, Київська державна академія водного транспорту, аспірант кафедри суднових енергетичних установок, допоміжних механізмів суден та їх експлуатації, e-mail: engineer11@rambler.ru, тел. +380678715782, Україна, 04071, м. Київ, вул. Фрунзе 9, к. 204.

AUTHORS:

Lisoval Anatoliy A., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Professor of the Department of engines and heat engineering, e-mail: li-dvz@bigmir.net, tel. +380988222541, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Suvorova St., of. 303a.

Svystun Yuriy A., National Transport University, Postgraduate of the Department of engines and heating engineering, e-mail: svystun_yurec@ukr.net, tel. +380633529751, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Suvorova St., of. 303a.

Shtribets Valeriy V., Kyiv State Academy of Water Transport, Postgraduate of the Department of ship power plants, auxiliary machinery of ships and their operation, e-mail: engineer11@rambler.ru, tel. +380678715782, Ukraine, 04071, Kyiv, 9 Frunze St., of. 204.

АВТОРЫ:

Лисовал Анатолий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: li-dvz@bigmir.net, тел. +380988222541, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Свистун Юрий Анатольевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: svystun_yurec@ukr.net, тел. +380633529751, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Штрибец Валерий Валерьевич, Киевская государственная академия водного транспорта, аспирант кафедры судовых энергетических установок, вспомогательных механизмов судов и их эксплуатации, e-mail: engineer11@rambler.ru, тел. +380678715782, Украина, 04071, г. Киев, ул. Фрунзе 9, к. 204.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

Майборода Олександр Миколайович, доктор технічних наук, професор, Київська державна академія водного транспорту, завідувач кафедри судноводіння та керування судном, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Sakhno V.P., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Head of the Automobile department, Kyiv, Ukraine.

Mayboroda A.N., Doctor of Technical Science, Professor, Kyiv State Academy of Water Transport, Head of the Navigation and vessel control department, Kyiv, Ukraine.