



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 50180

(13) A

(51) 6 G01M15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ДИЗЕЛЯ

1

2

(21) 2001117673

(22) 09 11 2001

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002р

(72) Валуйська Ольга Юрївна

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Пристрій для діагностики дизеля, що містить датчик верхньої мертвої точки й основні датчики вібрації по числу циліндрів дизеля, перший і другий формувачі імпульсів, тригер, виборчий підсилювач, граничний елемент, дільник напруги, причому датчик верхньої мертвої точки через перший формувач імпульсів, зв'язаний з одиничним входом тригера, до нульового входу якого підключений другий формувач імпульсів, вихід виборчого підсилювача з'єднаний із сигнальним входом граничного елемента, до опорного входу якого підключений вихід дільника напруги, інвертор, перший і другий перемикачі, рухливий

контакт першого перемикача з'єднаний із входом виборчого підсилювача, зв'язаного з дільником напруги, граничний елемент через інвертор зв'язаний із другим нерухомим контактом другого перемикача і безпосередньо - з першим, рухливий контакт другого перемикача підключений до входу другого формувача імпульсів, який відрізняється тим, що в нього введені додаткові датчики вібрації по числу циліндрів дизеля і блоки вирахування по числу циліндрів дизеля, основний і додатковий датчики вібрації попарно встановлені на трубі високого тиску кожного циліндра один напроти одного симетрично щодо поздовжньої осі трубки, виходи основних датчиків вібрації з'єднані з підсумовуючими входами блоків вирахування, виходи додаткових датчиків вібрації з'єднані з відряховуючими входами блоків вирахування, а виходи блоків вирахування підключені до нерухомих контактів першого перемикача

Винахід відноситься до області діагностування двигунів внутрішнього згорання, зокрема дизелів, і може бути використаний для оцінки технічного стану паливо подавальних систем агрегатів

Відомий пристрій для діагностики дизельного двигуна внутрішнього згорання [1], що містить датчик верхньої мертвої точки, формуючий каскад, тригер, виборчий підсилювач, граничний елемент, формувач імпульсів, датчик вібрації, джерело опорної напруги і дільник напруги, причому датчик верхньої мертвої точки зв'язаний через формуючий каскад із тригером, до виходу якого через паралельно з'єднані виборчий підсилювач, граничний елемент і формувач імпульсів підключений датчик вібрації, і джерело опорної напруги, яке зв'язане через дільник напруги зі входом граничного елемента

Недоліком пристрою є висока трудомісткість і низька точність діагностування

Відомо також пристрій для діагностики дизеля, що містить датчики верхньої мертвої точки і вібрації, перший і другий формувачі імпульсів, тригер, виборчий підсилювач, граничний елемент і дільник

напруги, причому датчик верхньої мертвої точки зв'язаний через перший формувач імпульсів з одиничним входом тригера, до нульового входу якого підключений другий формувач імпульсів, вихід виборчого підсилювача з'єднаний із сигнальним входом граничного елемента, до опорного входу якого підключений вихід дільника напруги [2]

Відомий пристрій дозволяє визначити кут випередження початку подачі палива при будь-якому швидкісному і температурному режимах двигуна. Однак це можливо тільки стосовно до чотиритактних двигунів, щоб виконувалася умова - частота обертання колінчатого вала удвічі вище частоти проходження імпульсів паливо подавання

Другий недолік пристрою - висока трудомісткість діагностування, зв'язана з необхідністю перестановки датчиків верхньої мертвої точки і вібрації на циліндри, що працюють у визначеній послідовності

Найбільш близьким до заявленого по технічній сутності є пристрій для діагностики дизеля, що містить датчики вібрації і верхньої мертвої точки,

(13) A

(11) 50180

(19) UA

перший і другий формувачі імпульсів, тригер, виборчий підсилювач, граничний елемент, дільник напруги, причому датчик верхньої мертвої точки через перший формувач імпульсів зв'язаний з одиничним входом тригера, до нульового входу якого підключений другий формувач імпульсів, вихід виборчого підсилювача з'єднаний з сигнальним входом граничного елемента, до опорного входу якого підключений вихід дільника напруги, інвертор, перший і другий перемикачі, причому виходи датчиків вібрації підключені до нерухомих контактів першого перемикача, рухливий контакт якого з'єднаний зі входом виборчого підсилювача, зв'язаного з дільником напруги, граничний елемент через інвертор з'єднаний з другим нерухожим контактом другого перемикача і безпосередньо - з першим, а рухливий контакт другого перемикача підключений до входу другого формувача імпульсів [3].

У порівнянні з попереднім пристрій-прототип має більш широкі функціональні можливості і знижує трудомісткість діагностування двигуна. У відомому пристрої відбувається посилення і селекція віброцигналу в смузі частот, що відповідає максимальній інтенсивності коливань, які виникають при упорскуванні палива форсункою. При цьому весь сигнал вібродатчика надходить на сигнальний вхід граничного елемента, а частина цього сигналу подається на опорний вхід граничного елемента. Отже, поріг спрацьовування граничного елемента відмінний від нуля, він дорівнює частині інформативного сигналу, що визначається коефіцієнтом передачі дільника напруги. Завдяки цьому перешкоди, рівень яких нижче величини вихідного сигналу дільника напруги, не впливають на роботу пристрою. Однак, при роботі дизеля спостерігається вібрація всіх його вузлів, внаслідок чого вібродатчик, установлений на форсунці, виробляє сигнал не тільки під час упорскування палива в даний циліндр, але і між імпульсами упорскування палива. Отже, на виході вібродатчика існує не тільки корисний сигнал, але і перешкода, як надходять на вхід виборчого підсилювача. Спектральний склад корисного сигналу залежить від технічного стану форсунки, параметрів паливного насоса, режиму роботи дизеля і у ряді випадків близький до спектрального складу перешкоди. У цих випадках виборчий підсилювач сприймає перешкоду, як корисний сигнал, і вона проходить на входи граничного елемента, викликаючи його спрацьовування і знижуючи тим самим точність пристрою а, отже, і точність діагностування дизеля.

Таким чином, недолік прототипу - низька точність діагностування дизеля.

Задача винаходу - підвищення точності діагностування дизеля.

Задача вирішується завдяки тому, що в пристрій уведено додаткові датчики вібрації по числу циліндрів дизеля, установлені попарно з основними датчиками на паливних трубках високого тиску відповідним чином, причому основний і додатковий датчики виробляють рівні по величині і знаку сигнали при подовжній і при поперечній вібрації трубки високого тиску, однак виробляють рівні по величині і протилежні за знаком сигнали при попе-

речній деформації трубки, що має місце під час проходження імпульсів тиску палива. У зв'язку з тим, що пристрій додатково містить блоки вирахування по кількості циліндрів, виходи основних датчиків вібрації підключені до підсумовуючих входів цих блоків, а виходи додаткових датчиків підключені до відраховуючих входів блоків вирахування, вихідні сигнали цих блоків дорівнюють нулю при подовжніх і поперечних вібраціях трубки високого тиску у випадку відсутності її деформації, обумовленої імпульсами паливо подавання, однак, вихідні сигнали блоків вирахування відмінні від нуля при поперечних розширеннях і звуженнях трубки, що мають місце під час паливо подавання. Таким чином, у паузах між імпульсами паливо подавання вихідні сигнали блоків вирахування дорівнюють нулю, тобто перешкода, викликана вібраціями дизеля, не впливає на роботу пристрою і точність діагностування підвищується.

В основу пристрою покладене те, що на відміну від відомого пристрою, що містить датчик верхньої мертвої точки й основні датчики вібрації по числу циліндрів дизеля, перший і другий формувачі імпульсів, тригер, виборчий підсилювач, граничний елемент, дільник напруги, причому датчик верхньої мертвої точки через перший формувач імпульсів зв'язаний з одиничним входом тригера, до нульового входу якого підключений другий формувач імпульсів, вихід виборчого підсилювача з'єднаний з сигнальним входом граничного елемента, до опорного входу якого підключений вихід дільника напруги, інвертор, перший і другий перемикачі, рухливий контакт першого перемикача з'єднаний зі входом виборчого підсилювача, зв'язаного з дільником напруги, граничний елемент через інвертор зв'язаний з другим нерухожим контактом другого перемикача і безпосередньо - з першим, а рухливий контакт другого перемикача підключений до входу другого формувача імпульсів. У пропонований пристрій уведеш додаткові датчики вібрації і блоки вирахування по числу циліндрів дизеля, основний і додатковий датчики вібрації попарно встановлені на трубці високого тиску кожного циліндра один проти одного симетрично щодо подовжньої осі трубки, виходи основних датчиків вібрації з'єднані з підсумовуючими входами блоків вирахування, виходи додаткових датчиків вібрації з'єднані з відраховуючими входами блоків вирахування, а виходи блоків вирахування підключені до нерухомих контактів першого перемикача.

Винахід ілюструється кресленням, де на фіг 1 як приклад представлена блок-схема пропонованого пристрою для діагностики двоциліндрового дизеля.

Пристрій містить датчик 1 верхньої мертвої точки одного з циліндрів дизеля (наприклад, першого), зв'язаний через перший формувач 2 прямокутних імпульсів з одиничним входом тригера 3. Основні датчики 4 і 5 вібрації, число яких дорівнює числу циліндрів дизеля, і додаткові датчики 6 і 7, число яких також дорівнює числу циліндрів дизеля, розташовані на паливних трубках 8 і 9 високого тиску відповідних циліндрів. При цьому основний датчик 4 (5) і додатковий датчик 6 (7) вібрації встановлені на паливній трубці 8 (9) один проти

одного симетрично щодо подовжньої осі трубки. Причому основний датчик 4 (5) кріпиться основою до паливної трубки 8 (9), а додатковий датчик 6 (7) кріпиться до паливної трубки 8 (9) протилежною своєю частиною (верхньою частиною кожуха). Виходи основних датчиків 4 і 5 вібрації підключені до підсумовуючих входів блоків 10 і 11 вирахування, виходи додаткових датчиків 6 і 7 вібрації з'єднані з входами відраховуючих блоків 10 і 11 вирахування, а виходи цих блоків (число яких відповідає числу циліндрів дизеля) підключені до нерухомих контактів першого перемикача 12. Рухливий контакт перемикача 12 з'єднаний із входом виборчого підсилювача 13, вихід якого підключений до сигнального входу граничного елемента 14 і через дільник 15 напруги зв'язаний з опорним входом елемента 14. Вихід граничного елемента 14 через інвертор 16 зв'язаний з другим нерухомих контактом другого перемикача 17 і безпосередньо підключений до першого контакту цього перемикача. Рухливий контакт другого перемикача 17 через другий формувач 18 прямокутних імпульсів зв'язаний зі нульовим входом тригера 3, інверсний вихід якого об'єднаний з виходом пристрою. Пристрій працює в такий спосіб:

Розглянемо спочатку випадок, коли перший перемикач 12 і другий перемикач 17 встановлені в положення "1". Під час подачі палива в перший циліндр паливна трубка 8 високого тиску випробує поперечні деформації, починаючи розширюватися в момент початку імпульсу паливо подавання і, припиняючи розширення (тобто, відновлюючи поперечні розміри) у момент закінчення імпульсу паливо подавання. Основний датчик 4 і додатковий датчик 6 виробляють при цьому рівні по абсолютній величині, але протилежні за знаком електрон, сигнали  $U_4 = -U_6$ ,  $|U_4| = |U_6|$ .

Вихідні сигнали основного датчика 4 і додатковий датчик 6 надходять відповідно на підсумовуючий і відраховуючий входи блоку 10 вирахування, напруга на виході якого дорівнює  $U_{10} = U_4 - U_6 = U_4 + U_4 = 2U_4$ .

Тривалість імпульсу напруги  $U_{10}$  дорівнює тривалості сигналів датчиків 4 і 6, що відповідає інтервалу часу від моменту початку tBP до моменту закінчення tB3 поперечної деформації трубки 8 високого тиску, тобто тривалість упорскування палива в перший циліндр  $tB3 = tBP = \tau_4 = \tau_6 = \tau_{10} = \tau_{up1}$ ,

де  $\tau_4$ ,  $\tau_6$ ,  $\tau_{10}$  і  $\tau_{up1}$  - тривалості вихідного сигналу датчиків 4, 6, блоку 10 вирахування і тривалість упорскування палива в перший циліндр відповідно.

Сигнал  $U_{10}$  проходить через перший перемикач 12 на вхід виборчого підсилювача 13, що робить посилення і селекцію сигналу в смузі частот, що відповідає максимальній інтенсивності коливань, які виникають під час паливо подавання. Вихідна напруга підсилювача 13 подається на сигнальний вхід граничного елемента 14 і, крім того, через дільник 15 напруги надходить на опорний вхід граничного елемента 14. Величина коефіцієнта передачі дільника 15 визначається максимальним значенням циклової нестабільності вібраційного сигналу і завжди менше одиниці. У зв'язку з цим напруга на опорному вході граничного елемента

14 при ненульовій вихідній напрузі підсилювача 13 завжди менше напруги на його сигнальному вході, у результаті чого елемент 14 спрацьовує, причому це відбувається в момент часу tBP і на виході елемента 14 встановлюється сигнал високого рівня. Відпускання граничного елемента 14 і перепад його вихідного сигналу в нульовий рівень відбувається при закінченні сигналу на виході виборчого підсилювача 13, тобто в момент tB3. Отже, передній фронт вихідного імпульсу граничного елемента 14 відповідає початку упорскування палива, а задній - закінченню упорскування. Позитивний перепад напруги, що з'являється на виході елемента 14, передається через перемикач 17 на вхід другого формувача 18. Останній виробляє одиничний імпульс, що встановлює тригер 3 у нульовий стан, причому це відбувається в момент часу tB3. Тоді ж на інверсному виході тригера, тобто виході пристрою, встановлюється сигнал високого рівня.

При подальшому повороті колінчатого вала дизеля і заході поршня першого циліндра у верхню мертву точку датчик 1 виробляє імпульс, що надходить на вхід першого формувача 2 імпульсів. Останній виробляє одиничний прямокутний імпульс, що встановлює тригер 3 в одиничний стан. При цьому на інверсному виході тригера 3 (виході пристрою) встановлюється нульовий сигнал. Отже, на виході пристрою формується імпульс, передній фронт якого відповідає початку упорскування палива (моменту tBP), а задній - моменту переходу поршня у верхню мертву точку (моменту tBMT1). Тривалість  $t_u$  цього імпульсу визначається, як  $t_u = tBP - tB3$ , і являє собою час випередження початку упорскування палива в перший циліндр. Середнє значення напруги на інверсному виході тригера 3, тобто на виході пристрою, у випадку упорскування палива в кожному обороті колінчатого вала визначається в такий спосіб:

$$V_{cp} = \frac{\tau_u \omega}{2\pi} V_{3m} = \frac{V_{3m}}{2\pi} \theta, \quad (1)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість колінчатого вала,  $V_{3m}$  - амплітуда вихідного імпульсу пристрою,  $2\pi$  - кут повороту вала за один оборот,  $\theta$  - кут випередження початку упорскування палива.

Виразення (1) дозволяє визначити кут випередження початку упорскування палива в двотактному дизелі.

Коли упорскування палива відбувається один раз у два обороти колінчатого вала дизеля, що має місце на чотиритактному агрегаті, то сигнал на виходах датчиків 4, 5, 6, 7, що відповідає паливо подаванню, а також імпульс на виходах елементів 13, 14, 15, 18, з'являється один раз у два обороти колінчатого вала. Імпульсний сигнал датчика 1 і формувача 2 з'являється при кожному обороті вала. Отже, на одиничному вході тригера 3 імпульс з'являється при кожному обороті вала, а на нульовому - один раз у два обороти вала. У цьому випадку на інверсному виході тригера 3 (виході пристрою) імпульс з'являється один раз у два обороти вала і вираз для середнього значення напруги імпульсної послідовності має вигляд

$$V_{cp} = \frac{V_{3m}}{4\pi} \Theta. \quad (2)$$

Таким чином, при установці перемикачів 12 і 17 у положення "а" вихідна напруга пристрою пропорційна куту випередження початку упорскування палива в першому циліндрі

При установці другого перемикача 17 у положення '2' спрацьовування формувача 18 і скидання тригера 3 мають місце під час дії заднього фронту вихідного імпульсу граничного елемента 14, тобто при закінченні упорскування палива (у момент tB3) Це зв'язано з тим, що в момент tB3 припиняється вихідний імпульс виборчого підсилювача 13, дільника 15 напруги і сигнали на обох входах граничного елемента 14 Унаслідок цей імпульс на виході елемента 14 також припиняється, а інвертор 16 навпаки, формує передне фронт одиничного імпульсу, що, проходячи через перемикач 17, викликає спрацьовування формувача 18 У цьому випадку тривалі уі вихідного пульсу приток, дорівнює часу випередження кінця упорскування палива, а середнє значення вихідної напруги пристрою пропорційно куту φ випередження кінця упорскування палива, що для двотактного і чотиритактного дизелів визначається відповідно виразами

$$V_{cp} = \frac{V_{3m}}{2\pi} \varphi = \frac{V_{3m} \gamma u}{2\pi}, \quad (3)$$

$$V_{cp} = \frac{V_{3m}}{4\pi} \varphi = \frac{V_{3m} \gamma u}{4\pi}, \quad (4)$$

Де  $\gamma u = tB3 - tBMT1$

При установці першого перемикача 12 у положення "2" на вхід виборчого підсилювача 13 подається сигнал з виходу блоку 11 вирахування, на підсумовуючий і відраховуючий входи якого надходять сигнали відповідно з основного датчика 5 і додаткового датчика 7 Ці датчики працюють аналогічно датчикам 4 і 6, але реагують на механічні коливання паливної трубки 9, по якій паливо надходить у другий циліндр Вихідні сигнали цих датчиків рівні по абсолютній величині і протилежні за знаком під час паливо подавання Робота пристрою в розглянутому випадку відбувається аналогічно вищевикладеному Вихідний імпульс пристрою з'являється в момент початку або закінчення (у залежності від положення перемика-

ча 17) подачі палива в другий циліндр, а закінчується в момент заходу поршня першого циліндра у верхню мертву точку При цьому середнє значення вихідної напруги пристрою пропорційно куту випередження початку чи кінця упорскування палива в другий циліндр щодо верхньої мертвої точки першого циліндра Однак фазу упорскування палива в другий циліндр щодо верхньої мертвої точки цього циліндра можна легко знайти, оскільки зрушення фаз по куту повороту колінчатого вала між верхніми мертвими точками циліндрів для кожного типу двигуна відомий

При роботі двигуна внаслідок вібрації всіх його вузлів, у тому числі і трубок 8 і 9 високого тиску, основні датчики 4 і 5 і додаткові датчики 6 і 7 вібрації виробляють електричні сигнали навіть при відсутності імпульсів паливо подавання Ці сигнали мають місце, коли вказані датчики разом із трубками 8 і 9 випробують подовжні і поперечні вібрації Однак при подовжній вібрації основний і додатковий датчики, установлені на даній паливній трубці високого тиску, одночасно рухаються то в одну сторону, то в іншу, виробляючи рівні по абсолютній величині і за знаком напруги При поперечній вібрації обидва датчики одночасно рухаються або нагору, або вниз (по малюнку), створюючи однакові по величині і знаку напруги Оскільки сигнали додаткових датчиків 6 і 7 віднімаються від сигналів основних датчиків 4 і 5 відповідно в блоках 10 і 11 вирахування, то результуючі сигнали на виходах цих блоків дорівнюють нулю Отже, перешкода, викликана вібраціями дизеля, не впливає на процес формування вихідного сигналу пристрою, тобто не впливає на його роботу, завдяки чому точність діагностування підвищується

Таким чином, у порівнянні з відомими, пропонуваній пристрій забезпечує більш високу точність діагностування дизеля

#### Джерела інформації

1 Пристрій для діагностики дизельного двигуна внутрішнього згорання Патент США №3731527, Кл 73 - 119А, 1978

2 Пристрій для діагностики дизельного двигуна внутрішнього згорання А С 862027 (СРСР), М КлЗ G01M15/00, 1981

3 Пристрій для діагностики дизеля А С 1084647 (СРСР), М КлЗ G01M15/00, 1984

