



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62057 (13) A

(51) 7 F02D29/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**  
**ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ**  
**НА ВІНАХІД**Видається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАЛИВОПОДАЧІ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

1

2

(21) 2002065107

(22) 20 06 2002

(24) 15 12 2003

(46) 15 12 2003, Бюл. № 12, 2003 р

(72) Богаєвський Олександр Борисович, Басов Олександр Віталійович, Дубровський Володимир Захарович, Синельникова Ліля Борисівна

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, Богаєвський Олександр Борисович, Басов Олександр Віталійович, Дубровський Володимир Захарович, Синельникова Ліля Борисівна

(57) Система автоматичного регулювання паливоподачі дизель-генераторної установки транспортних засобів, що включає до свого складу дизель, мікроконтролерний блок керування (МБК), виконавчий механізм управління положенням рейок паливних насосів з датчиком ходу рейок паливних насосів, датчик частоти обертання колінчастого вала дизеля, датчик температури дизеля, датчик тиску наддуву повітря, контролер задання частоти обертання вала дизеля, виходи яких з'єднані з відповідними входами МБК, при цьому мікроконтролерний блок керування обробляє сигнали з датчиків і контролера задання частоти обертання і видає у відповідності з запрограмованими в ньому алгоритмами всережимного регулювання частоти обертання колінчастого вала дизеля сигнал на вихід, з'єднаний з входом виконавчого механізму управління положенням рейок паливних насосів, яка відрізняється тим, що до її складу додатково

введено генератор, ротор якого механічно з'єднаний з колінчастим валом дизеля, вузол управління потужністю навантаження генератора, вихід якого з'єднано з входом генератора, мікроконтролерний логічний блок з одним входом і одним виходом, а в мікроконтролерний блок керування - програмний модуль і один вихід, з'єднаний з входом мікроконтролерного логічного блока, вихід якого з'єднаний з входом вузла управління потужністю навантаження генератора, при цьому програмний модуль виконано з можливістю обробки сигналів з датчиків і контролера задання частоти обертання, обчислення на основі цих сигналів ознак умов руху у вигляді середніх за заданий відрізок часу відхилення частоти обертання і потужності навантаження на дизель-генератор і видачі цих умов на вихід мікроконтролерного блока керування, з'єднаний з входом мікроконтролерного логічного блока, який виконано з можливістю здійснення порівняння ознак умов руху з запрограмованими в ньому значеннями, формування на цій основі сигналу вибору необхідного алгоритму регулювання потужності навантаження із наявних в мікроконтролерному логічному блоці оптимальних характеристик для різних умов руху, обчислення на основі обраної оптимальної характеристики сигналу управління потужністю навантаження і видачі його на вихід мікропроцесорного логічного блока, з'єднаний з входом вузла управління потужністю навантаження дизель-генераторної транспортної установки

Винахід відноситься до регулювання паливоподачі в системах автоматичного регулювання частоти обертання вала дизельного двигуна і потужності дизель-генераторних установок транспортних засобів (переважно тепловозів з електричною тягою та великовантажних кар'єрних самоскидів з електричною тягою)

Зниження експлуатаційних витрат дизельного пального при використанні потужних транспортних засобів з дизель-генераторними енергетичними установками надає можливість економити десятки

та сотні тон пального на рік ( в залежності від кількості одиниць рухомого складу)

Відома система регулювання дизель-генераторів, переважно тепловозів[1] До складу системи входять контролер задання частоти обертання колінчастого вала дизеля, виконавчий механізм регулятора паливоподачі, вузол управління потужністю навантаження, до складу якого входять регулятор потужності, коректор навантаження та селективний вузол, датчик частоти обертання колінчастого вала дизеля Виконавчий механізм

(13) A

(11) 62057

(19) UA

паливоподачі діє на регулятор потужності, який, використовуючи також сигнал від контролера задання частоти обертання, формує закон навантаження дизель-генераторної установки. В цій системі регулювання сталій режим роботи дизель-генератора характеризується відповідністю потужності генератора, що витрачається на тягу, і положення рейок паливних насосів дизеля.

Однак ця система регулювання не може забезпечити задання та підтримку оптимальної з точки зору витрат палива потужності навантаження у всьому діапазоні частот обертання колінчатого вала дизеля генераторної установки, що є її недоліком.

Найбільш близькою за технічною суттю до системи що заявляється є система регулювання паливоподачі двигуна внутрішнього згорання транспортної енергетичної установки [2]. До складу системи, крім дизеля, входять мікроконтролерний блок керування (МБК), датчики (частоти обертання колінчатого вала дизеля, температури, тиску наддуву повітря, положення рейок паливних насосів), механічний пристрій задання положення рейок паливних насосів - еквівалент контролера із системи [1], виконавчі механізми переміщення рейок паливних насосів та зміни випередження подачі палива. Сигнали з датчиків надходять на відповідні входи МБК, виходи якого з'єднані з відповідними входами виконавчих механізмів - переміщення рейок паливних насосів та зміни випередження подачі палива. В МБК у вигляді графіків знаходяться різні залежності випередження подачі палива від режиму роботи дизеля, які коректуються другими залежностями та параметрами (співвідношення повітря/паливо, тиск навколишнього середовища над рівнем моря і т.д.) В порівнянні з попередньою системою система-прототип має більш широкі можливості регулювання дизеля транспортної енергетичної установки. У системі - прототипа більша кількість датчиків, ніж у попередньої, та безсумнівні переваги за рахунок наявності інтелектуального блоку МБК. Основна ціль цієї системи - це задання і коректування величини випередження подачі палива. В той же час ця система не має зворотного зв'язку по такому ключовому параметру, як величина випередження подачі палива, що знижує точність його задання відповідним виконавчим механізмом і відповідно ефективність процесу регулювання в цілому. Крім того в системі [2] регулювання паливоподачі зосереджене на дизелі транспортної енергетичної установки. Генератор та вузол керування потужністю навантаження не наведені в описі винаходу, хоча є складовими частинами потужних енергетичних установок транспортних засобів (тепловозів та великовантажних кар'єрних самоскидів з електричною тягою). В блоці МБК серед різних залежностей відсутній графік залежності оптимальної з точки зору витрат пального потужності навантаження дизеля від умов руху (розгон/гальмування, сталій режим з включенням/відключенням допоміжних агрегатів транспортної енергетичної установки). Таким чином недолік системи-прототипу - неможливість задавати і підтримувати оптимальну з точки зору витрат палива потужність навантаження дизель-генераторної установки для конкретних умов руху.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення системи регулювання паливоподачі дизеля транспортної дизель-генераторної енергетичної установки шляхом забезпечення оптимальної потужності навантаження у всьому діапазоні частот обертання колінчатого вала дизеля дизель-генератора з урахуванням конкретних умов руху і отримання економії дизельного палива.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у відомій системі регулювання паливоподачі дизеля транспортної дизель-генераторної енергетичної установки, що включає до свого складу окрім дизеля мікроконтролерний блок керування (МБК), виконавчий механізм (ВМ) управління положенням рейок паливних насосів, датчик ходу рейок паливних насосів, датчик температури дизеля, датчик тиску наддуву повітря, датчик частоти обертання колінчатого вала дизеля, контролер задання частоти обертання колінчатого вала дизеля, сигнали з яких надходять на відповідні входи МБК, при цьому МБК обробляє сигнали з датчиків та контролера задання частоти обертання і видає у відповідності з запрограмованими в ньому алгоритмами всережимного регулювання частоти обертання колінчатого вала дизеля ДГУ ТЗ сигнал на вхід ВМ управління положенням рейок паливних насосів, згідно винаходу додатково введені генератор, ротор якого механічно з'єднано з колінчатим валом дизеля, вузол управління потужністю навантаження генератора дизель-генераторної установки (ДГУ) транспортних засобів (ТЗ), мікроконтролерний логічний блок (МЛБ) з одним входом і одним виходом, а в МБК системи регулювання програмний модуль і один вихід, з'єднаний зі входом МЛБ, вихід якого з'єднано зі входом вузла управління потужністю навантаження генератора ДГУ ТЗ, при цьому на вхід програмного модуля надходять оброблені в МБК сигнали з датчиків і контролера задання частоти обертання, а сам програмний модуль на основі цих сигналів обчислює ознаки умов руху у вигляді середніх за заданий відрізок часу відхилень частоти обертання та потужності навантаження на ДГУ ТЗ, значення цих умов надходять в МЛБ, який порівнює їх з запрограмованими в ньому і формує на цій основі логічний сигнал вибору необхідного алгоритму регулювання потужності навантаження з наявних в пам'яті МЛБ оптимальних (отриманих емпірично) характеристик потужності навантаження для різних умов руху, після чого на основі вибраної відповідної характеристики МЛБ формує сигнал управління потужністю, який поступає на вихід МЛБ, з'єднаний з входом вузла управління потужністю навантаження ДГУ ТЗ.

Система регулювання на кожній частоті обертання колінчатого вала дизеля підтримує оптимальний з точки зору витрат палива рівень потужності навантаження генератора з урахуванням умов руху ТЗ як в перехідному, так і в сталому режимах.

Система регулювання показана на блок-схемі.

Система автоматичного регулювання паливоподачі дизеля 3 ДГУ ТЗ 1 включає датчики частоти обертання 6 вала дизеля 3, температури дизеля 7, тиску наддуву повітря 8, ходу рейок паливних насосів 5 і контролер задання частоти обертання 11 вала дизеля, виконавчий механізм 4 управління

положенням рейок паливних насосів, мікроконтролерний блок керування (МБК) 10 з програмним модулем 12, мікроконтролерний логічний блок (МЛБ) 13, вузол управління потужністю навантаження 9 генератора 2 ДГУ ТЗ 1

Сигнали з датчиків 5,6,7,8 і контролера 11 подаються на відповідні входи блоку МБК 10 з програмним модулем 12, який обробляє їх і видає сигнал на вихід, з'єднаний з входом виконавчого механізму 4 управління положенням рейок паливних насосів, регулюючи таким чином паливоподачу дизеля 3. Оброблені в МБК 10 сигнали з датчиків і контролера надходять до програмного модуля 12, де обчислюються ознаки умов руху. Інформація про ознаки умов руху видається на вихід блоку МБК 10, який з'єднано з входом мікроконтролерного логічного блоку 13, вихід якого з'єднано з входом вузла управління потужністю навантаження 9, вихід вузла 9 з'єднано з входом генератора 2 ДГУ ТЗ 1.

Система регулювання паливоподачі працює таким чином

Параметром, який визначає потужність навантаження дизеля 3, а відповідно і дизель-генераторної установки 1, є положення рейок паливних насосів, що вимірюється з допомогою датчика 5.

До програмного модуля 12 занесена залежність оптимальних з точки зору витрат палива положень рейок паливних насосів  $h_{\text{опт}}$  від частоти обертання колінчатого валу дизеля  $n$  зад (від позиції контролера задання частоти 11), яка коректується в залежності від температури  $T$  в і тиску наддуву повітря  $P$  в (відповідно датчики 7 та 8) в вигляді

$$h_{\text{опт}} = f(n_{\text{зад}}) + K_1(T_{\text{в}} - T_{\text{в,зад}}) + K_2(P_{\text{в}} - P_{\text{в,зад}}),$$

де  $T_{\text{в,зад}}$  і  $P_{\text{в,зад}}$  - задані значення

При переключенні позицій контролеру 11 змінюється значення задання частоти обертання  $n$  зад і відповідно оптимального значення положення рейок паливних насосів  $h_{\text{опт}}$ . При цьому програмний модуль 12 обчислює середні за обраний час  $T$  відхилення частоти обертання від  $n_{\text{зад}}$  і середні відхилення положення рейок паливних насосів від  $h_{\text{опт}}$  у вигляді

$$\Delta n_{\text{ср}} = (1/T) \int_0^t (n_{\text{зад}} - n_{\text{тек}}) dt$$

$$\Delta h_{\text{ср}} = (1/T) \int_0^t (h_{\text{амп}} - h_{\text{тек}}) dt,$$

де  $\Delta n_{\text{ср}}$  - середнє відхилення частоти обертання,

$n_{\text{тек}}$  - поточне значення частоти обертання,

$\Delta h_{\text{ср}}$  - середнє відхилення положення рейок паливних насосів,

$h_{\text{тек}}$  - поточне значення положення рейок паливних насосів

Значення  $h_{\text{опт}}$ ,  $h_{\text{тек}}$ ,  $\Delta n_{\text{ср}}$  і  $\Delta h_{\text{ср}}$  у вигляді команд надходять в мікроконтролерний логічний блок МЛБ 13. Середні відхилення  $\Delta n_{\text{ср}}$  і  $\Delta h_{\text{ср}}$  блок 13 порівнює з відповідними заданими граничними значеннями  $R_1$  і  $F_1$  і формує логічний сигнал ЛгС по наступному закону

$$\text{ЛгС} = \begin{cases} 1, & \text{при } n_{\text{ср}} > R_1 \text{ або } h_{\text{ср}} > F_1, \\ 0, & \text{при } n_{\text{ср}} \leq R_1 \text{ і } h_{\text{ср}} \leq F_1, \end{cases}$$

де  $R_1$  - граничне значення відхилення частоти на  $i$ -й позиції контролера 11,

$F_1$  - граничне значення відхилення положення рейок паливних насосів на  $i$ -й позиції контролера 11

Таким чином, ЛгС=log 1, якщо хоча б одне з середніх відхилень більше за граничні, і ЛгС=log 0, якщо кожне з середніх відхилень менше за граничні. Значення ЛгС ідентифікують сигнали умов руху транспортного засобу

- якщо ЛгС=1, то має місце різка зміна частоти обертання (із-за зміни позиції контролера задання частоти 11),

- якщо ЛгС=0, то має місце робота дизель-генератора в межах частоти обертання конкретної позиції контролера 11 (включення-виключення навантаження і допоміжних агрегатів)

В пам'яті МЛБ 13 запрограмовані дві оптимальні характеристики, згідно з якими формується сигнал управління потужністю навантаження ДГУ ТЗ відповідно для кожного значення логічного сигналу ЛгС. Сигнал управління потужністю навантаження генератора 2 формується у вигляді

$$U_{\text{возб}} = \begin{cases} U_{\text{возб1}}, & \text{при ЛгС} = 1, \\ U_{\text{возб2}}, & \text{при ЛгС} = 0, \end{cases}$$

$$U_{\text{возб1}} = \begin{cases} \leq r_i, & \text{при } (du_{\text{зад}}/dt) > 0 \text{ (перехід з } i-1 \text{ позиції на } i+1-y), \\ \leq r_{i+1}, & \text{при } (du_{\text{зад}}/dt) < 0 \text{ (перехід з } i+1-y \text{ позиції на } i-y), \end{cases}$$

$r_i$  - граничне значення сигналу  $U_{\text{возб1}}$  на  $i$ -й позиції контролера

$$U_{\text{возб2}} = K_3(h_{\text{опт}} - h_{\text{тек}}) + K_4(h_{\text{опт}} - h_{\text{тек}})dt, \text{ при } 0 < U_{\text{возб}} < r_1$$

Блок МЛБ 13 на підставі логічного сигналу ЛгС обирає відповідну характеристику формування  $U_{\text{возб}}$ , обчислює по ній конкретне значення цього сигналу, який надходить на вхід вузла управління потужністю навантаження 9

Обидві характеристики управління для конкретних умов руху забезпечують мінімальні відхилення положень рейок паливних насосів від їх оптимальних з точки зору паливної економічності значень і тим самим забезпечують роботу дизель-генераторної установки в зоні найкращої паливної економічності

Система автоматичного регулювання паливоподачі ДГУ ТЗ, що заявляється, пройшла експлуатаційні випробування на залізничному транспорті на двох типах ДГУ ТЗ

- в складі ДГУ 588ДА потужністю 588 кВт дизель-поїзда ДЕЛ-01 в М Луганськ

- в складі ДГУ вантажного магістрального тепловоза 2ТЕ116А потужністю більше 2000 кВт в депо Основа м Харків

В останньому випадку тепловоз з системою регулювання пройшов близько 80 тис км, експлуатаційна економія дизельного палива склала 5-6%, що в перерахунок на абсолютні цифри дає 25-30 тон економії дизельного палива на тепловоз на рік. В Луганську випробування тривають

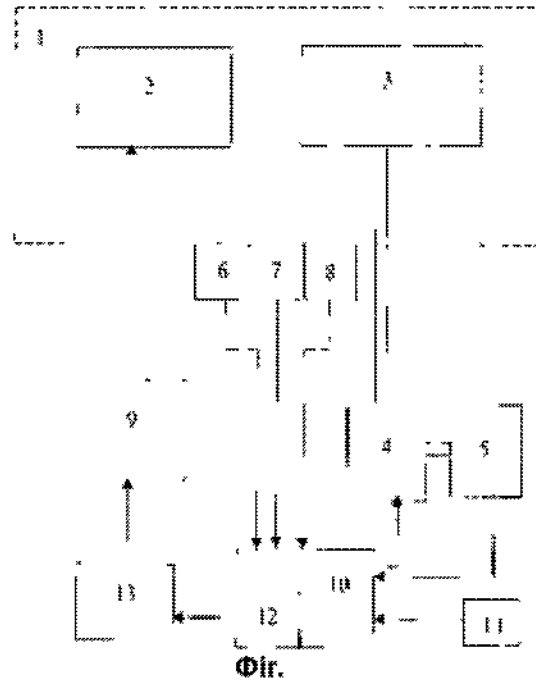
Ознаки системи автоматичного регулювання паливоподачі дизель-генераторної установки знаходяться у причинно-наслідковому зв'язку з досяг-

нутим новим технічним результатом забезпечення оптимальної потужності навантаження у всьому діапазоні частот обертання колінчатого валу дизель-генератора з урахуванням конкретних умов руху

Джерела інформації

1 Система регулювання дизель-генератора А С 1288324 (СССР) - М кл F02D29/06, 1987

2 Система регулювання топливopодачи двигателя внутрєнного сгорания транспортной энергетической установки А С 1300169 (СССР) - М кл F02D41/00, 1987



Фиг.