



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112933** (13) **U**
(51) МПК

F02P 5/15 (2006.01)

F02P 15/08 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2016 05205</p> <p>(22) Дата подання заявки: 13.05.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.01.2017</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.01.2017, Бюл.№ 1</p>	<p>(72) Винахідник(и): Вовк Євгеній Геннадійович (UA), Тропіна Альбіна Альбертівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA), Вовк Євгеній Геннадійович, вул. П. Свиначенка, 20, кв. 122, м. Харків, 61020 (UA), Тропіна Альбіна Альбертівна, пр. Перемоги, 74-г, кв. 62, м. Харків, 61204 (UA)</p>
---	--

(54) МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОГРАМНО КОНТРОЛЬОВАНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ НАНОСЕКУНДНИМ ІМПУЛЬСНИМ РОЗРЯДОМ

(57) Реферат:

Мікропроцесорна система керування для організації програмно контрольованого введення енергії наносекундним імпульсним розрядом складається з підсистеми обробки вхідних сигналів, мікропроцесорного обчислювального блока для завдання й формування програмувального вихідного сигналу й підсистеми для посилення програмувального вихідного сигналу, які забезпечують обробку 8 цифрових й 4 аналогових каналів.

UA 112933 U

Корисна модель належить до області транспортного машинобудування, насамперед до автомобілебудування, а саме до розробки систем керування й контролю введення енергії наносекундним імпульсним розрядом у безконтактних високоефективних електронних системах запалювання двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) для організації надійного запалювання економічно й екологічно доцільних збіднених паливних сумішей. Корисна модель може також бути використана в авіаційній промисловості для контролю й керування потоками повітря плазмовими актуаторами при програмно контрольованому введенні енергії наносекундним імпульсним розрядом.

Використання мікропроцесорних пристроїв для контролю й керування введенням енергії є перспективним напрямком і знаходить своє застосування в різних сферах. Так, зокрема, у медицині широке застосування знайшли системи керування твердотільними лазерами, що використовують широку-імпульсну модуляцію (ШІМ) і системи керування магнітно-резонансним томографом. В автомобільній, авіаційній і суднобудівній промисловості мікропроцесорні пристрої контролюють всі електронні силові агрегати. Незважаючи на величезну кількість розроблених електронних схем, універсальні системи для керування сигналами високочастотних генераторів зустрічається дуже мало.

Відомо декілька систем, які дозволяють виконувати програмно контрольоване введення енергії [1, 2]. Розроблені мікропроцесорні системи дозволяють формувати сигнал з ШІМ, з частотою від 1 кГц до 100 кГц та змінюваною амплітудою вихідного сигналу від 100 до 3500 В і формувати аналоговий сигнал з максимальною амплітудою в 10 В. Для обробки вхідних даних використовуються лише два канали, що робить неможливим застосуванням цих систем керування як універсального засобу у різних галузях, за виключенням їх прямого використання у медицині. Наявність зовнішньої мікросхеми цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) з дозволом в 8 біт й інтерфейс послідовного обміну даних SPI (Serial Peripheral Interface) не дозволяє повною мірою досягти більших частот відновлення сигналу. Опитування вхідних і відновлення вихідних каналів відбувається кожні 50 мкс, при цьому мінімальна тривалість вихідного сигналу становить 100 мкс.

В останні десятиліття в машинобудуванні інтенсивно розвивається новий науковий напрямок, пов'язаний з керуванням процесами горіння й різних течій за допомогою розрядів [3], зокрема, за допомогою наносекундного імпульсного розряду. У рамках цього напрямку в роботі [4] була представлена система запалювання для ДВЗ на основі нерівноважної плазми на базі генератора наносекундних імпульсів на основі дрейфових діодів з різким відновленням [5]. Результати досліджень мінімальної енергії, необхідної для запалювання паливно-повітряних сумішей різного складу наносекундним імпульсним розрядом, які наведено в роботах [6, 7], показали, що для організації стійкої роботи двигуна на збіднених сумішах і зниження токсичних компонентів вихлопних газів необхідно забезпечити програмно контрольоване введення енергії. Результати досліджень по контролю течій у граничних шарах за допомогою нерівноважної плазми наносекундного імпульсного розряду [8] також показують необхідність контрольованого введення енергії.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки системи керування, яка дозволить організувати програмно контрольоване введення енергії наносекундним імпульсним розрядом в автомобільній та авіаційній галузі.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що мікропроцесорна система керування для організації програмно контрольованого введення енергії наносекундним імпульсним розрядом, яка складається з підсистеми обробки вхідних сигналів, мікропроцесорного обчислювального блока для завдання й формування програмувального вихідного сигналу й підсистеми для посилення програмувального вихідного сигналу, які забезпечують обробку 8 цифрових й 4 аналогових каналів, при цьому на кожному з каналів може бути організоване переривання; організацію керування 2 аналоговими й 8 цифровими каналами; паралельне формування вихідного аналогового та цифрового сигналів в режимі реального часу; формування будь-яких однополярних аналогових сигналів з дозволом в 12 біт і завдання цифрових вихідних сигналів амплітудою в 5 В з будь-якими тимчасовими й кількісними параметрами з дискретними проміжками часу в 0.25 мкс; організацію інтерфейсу обміну й передачі даних USB 2.0 для керування через персональний комп'ютер у режимі реального часу; організацію режиму керування кутом випередження запалювання при використанні розробленої системи в системах запалювання ДВЗ; швидке формування й адаптування системи для будь-якого уведення енергії імпульсними розрядами за умови наявності необхідних апаратних ресурсів для оптимізації роботи системи запалювання на основі нерівноважної плазми на базі генератора наносекундних імпульсів на основі дрейфових діодів з різким відновленням для ДВЗ

і для організації програмно контрольованого уведення енергії в плазмових системах керування потоками.

Запропонована схема мікропроцесорної системи керування призначена для програмно контрольованого введення енергії наносекундним імпульсним розрядом з метою оптимізації роботи системи запалювання на основі нерівноважної плазми на базі генератора наносекундних імпульсів на основі дрейфових діодів з різким відновленням для ДВЗ і для організації програмно контрольованого введення енергії в плазмових системах керування потоком.

Розроблене схемотехнічне рішення дозволяє виконувати наступні функції:

1) обробка 8 цифрових й 4 аналогових каналів, при цьому на кожному з каналів може бути організоване переривання;

2) керування 2 аналоговими й 8 цифровими каналами;

3) можливість у режимі реального часу паралельно формувати вихідні аналогові й цифрові сигнали;

4) формування будь-яких однополярних аналогових сигналів з дозволом в 12 біт та можливістю завдання цифрових вихідних сигналів амплітудою в 5 В с будь-якими тимчасовими й кількісними параметрами з дискретними проміжками часу в 0,25 мкс;

5) організований інтерфейс обміну й передачі даних USB 2.0 для керування через персональний комп'ютер у режимі реального часу;

6) організований режим керування кутом випередження запалювання при використанні розробленої системи в системах запалювання ДВЗ;

7) розроблене схемотехнічне й програмне забезпечення дозволяє швидко сформувати й адаптувати систему керування для будь-якого введення енергії імпульсними розрядами за умови наявності необхідних апаратних ресурсів.

Розроблена мікропроцесорна система (Фіг. 1) для організації програмно контрольованого введення енергії наносекундним імпульсним розрядом складається з підсистеми обробки вхідних сигналів, мікропроцесорного обчислювального блока для завдання й формування програмувального вихідного сигналу й підсистеми для посилення програмувального вихідного сигналу. Кожна підсистема розробленої мікропроцесорної системи представлена окремими платами.

Підсистема обробки вхідних сигналів призначена для подачі сигналу про початок програмно контрольованого введення енергії на мікропроцесорний обчислювальний блок. При організації програмно контрольованого уведення енергії для керування потоком за допомогою наносекундного імпульсного розряду поряд із многоканальним введенням може застосовуватися одноканальне введення інформації. При організації програмно контрольованого введення енергії наносекундним імпульсним розрядом при роботі системи запалювання на основі нерівно важкої плазми для двигунів внутрішнього згорання з метою універсальності підсистема обробки вхідних сигналів дозволяє обробляти чотири цифрових і два аналогових сигнали. Вихідні сигнали із плати обробки сигналів мають максимальну амплітуду в 3 В, а для стабільності роботи мікропроцесорного обчислювального блока на платі встановлені логічні елементи HEF4069. Для обробки аналогових сигналів установлений операційний підсилювач за схемою диференціального підсилювача із установленим підрядковим резистором для регулювання коефіцієнта підсилення сигналу.

Мікропроцесорний обчислювальний блок для завдання й формування програмувального вихідного сигналу представлений мікроконтролером STM32F407. Архітектура даного блока побудована таким чином, що дозволяє обробляти вхідні сигнали й видавати програмувальні вихідні сигнали послідовно на 1-8 виходів (Фіг. 2). На фіг.2 зазначена схема роботи мікропроцесорної системи керування для організації програмно контрольованого введення енергії наносекундним імпульсним розрядом у системі управління двигуном MeM3-307.

На фіг.3 зазначено графічні залежності вихідних сигналів в результаті заданих даних у відповідних масивах змінних.

Для формування вихідного програмувального цифрового сигналу (Фіг. 3) на генератор наносекундних імпульсів використовується масив даних, у якому кожен непарний елемент - тривалість високого фронту, парний - тривалість низького фронту. Частота роботи вихідного таймера становить 4 МГц, що забезпечує точність регулювання сигналу в 0,25 мкс. Для формування вихідного програмувального аналогового сигналу використовується 12-розрядний ЦАП у зв'язуванні з таймером, дані для якого представлені у вигляді масиву, що заповнюється або в режимі уведення із клавіатури, або шляхом завдання довільної функції.

При організації роботи системи запалювання у ДВЗ із різною кількістю циліндрів програмувальний вихідний сигнал подається послідовно на кожен циліндр, відповідно до

порядку роботи циліндрів двигуна (Фіг. 1). Модульна структура даного блока дозволяє реалізувати можливість підключення й обробки більшої кількості вхідних сигналів від блока управління двигуна за рахунок додавання ще однієї плати для підсистеми обробки сигналів.

Залежно від системи запалювання ДВЗ в розробленому програмному забезпеченні мікроконтролера реалізовано два алгоритми роботи: для системи запалювання з парним формуванням іскри і системи запалювання з розподіленим по кожному циліндрі формуванням іскри. Для настроювання й адаптації системи запалювання з наносекундним імпульсним розрядом на конкретний двигун у розроблений мікропроцесорний обчислювальний блок був додатково включений алгоритм зміни кута випередження запалювання з точністю в межах 0,1-0,01°ПКВ (повороту колінчатого вала). Реалізована частота коректування кута випередження запалювання залежно від зміни числа оборотів обертання колінчатого вала становить один оборот колінчатого вала. Настроювання кута випередження запалювання відбувається через USB 2.0 інтерфейс і користувач у режимі реального часу одержує точну інформацію про кут випередження запалювання, частоту обертання колінчатого й розподільного вала, а так само всю необхідну інформацію з додатково підключених датчиків. У програмному забезпеченні мікропроцесорного обчислювального блока додатково реалізовано можливість підключення до системи керування ДВЗ за допомогою CAN-інтерфейсу.

Підсистема посилення програмувальних вихідних сигналів дозволяє перетворити програмувальний вихідний сигнал з мікропроцесорного обчислювального блока у вхідний сигнал (з напругою в 5 В і струмами в 100 мА) для генератора наносекундних імпульсів на основі дрейфових діодів з різким відновленням. Цей програмувальний і посилений вхідний сигнал управляє відкриттям і закриттям драйвера біполярного транзистора з ізолюваним транзистором IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) в модулях генератора. Число модулів відповідає числу циліндрів двигуна, забезпечуючи генерацію наносекундного імпульсного розряду в кожному циліндрі. Передача й посилення програмувального сигналу на один вхід генератора реалізується при організації контрольованого уведення енергії для керування потоком за допомогою наносекундного імпульсного розряду. Для посилення аналогових сигналів застосовується операційний підсилювач, включений за схемою підсилювача, що не інвертує.

30

Джерела інформації:

1. L. Donghao, Z. Jianxunand D. Yu, "Nanosecond pulse delivery device with adjustable pulse-widthbasedon IGBT, " ControlConference (CCC), 2015 34th Chinese, Hangzhou, 2015. - P. 5593-5598.
2. Sanders JI, Kepecs A. A low-cost programmable pulse generator for physiology and behavior. *Frontiers in Neuroengineering*. 2014;7:43. doi:10.3389/fneng.2014.00043.
3. Starikovskaya S.M. Plasma assisted ignition and combustion // *J. Phys. D: Appl. Phys.* - 2006. - Vol. 39. - R 265-299.
4. A.A. Tropina, A.P. Kuzmenko, S.V. Marasov, D.V. Vilchinsky. Ignition system based on the nanosecond pulsed discharge // *IEEE Trans. onPlasmaSci.* - 2014. - Vol. 42. - Issue.12-P. 3881-3885.
5. Пат. 95018 Україна, МПК F02P 15/00. Генератор імпульсів запалювання з наносекундним фронтом на базі дрейфових діодів з різким відновленням (ДДРВ) [Текст]/ Заявники Вільчинський Д.В., Тропіна А.А. - № 201406456; заявл. 10.06.14; опубл. 10.12.14, Бюл. № 23. - 4 арк...: рис.
6. Tropina A.A., M. Uddi, Y. Ju. Non-equilibrium plasma in fluence on the minimum ignition energy. Part 2 // *IEEE Trans, on Plasma Sci.* - 2011. - Vol. 39. - Issue 12. - P. 3283-3287.
7. C.C. Huang, S.S. Shy, C.C. Liu, Y.Y. Yan. A transition on minimum ignition energy for lean turbulent methane combustion in flamelet and distributed regimes // *Proc. of the Combustion Institute.* - 2007. - Vol. 31. - P. 1401-1409.
8. V. Fomin, P. Tretyakov, J. Taran. Flow control using various plasma and aerodynamic approaches // *Aerospace Science and Technology.* - 2004. - № 8. - P. 411-421.

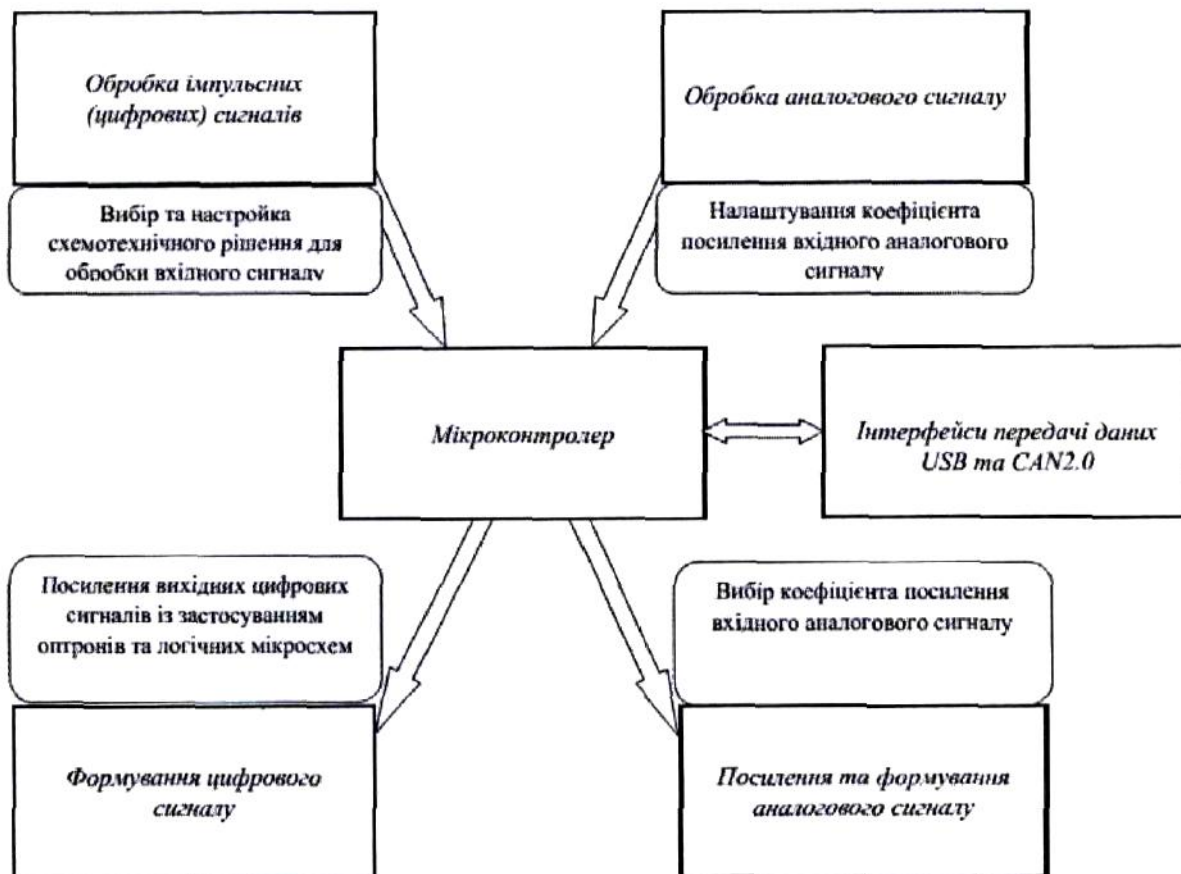
50

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

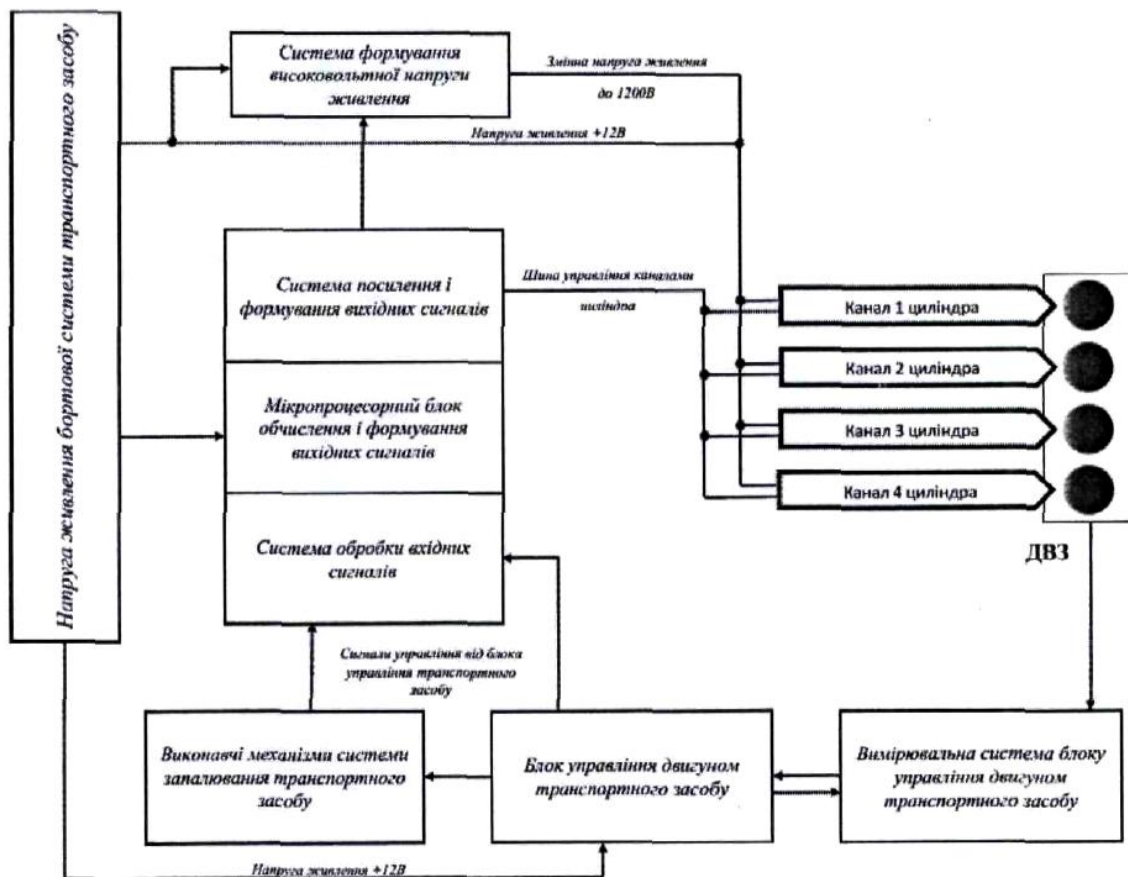
Мікропроцесорна система керування для організації програмно контрольованого введення енергії наносекундним імпульсним розрядом, яка складається з підсистеми обробки вхідних сигналів, мікропроцесорного обчислювального блока для завдання й формування програмувального вихідного сигналу й підсистеми для посилення програмувального вихідного сигналу, які забезпечують обробку 8 цифрових й 4 аналогових каналів, при цьому на кожному з каналів організоване переривання; організацію керування 2 аналоговими й 8 цифровими каналами; паралельне формування вихідного аналогового та цифрового сигналів в режимі

60

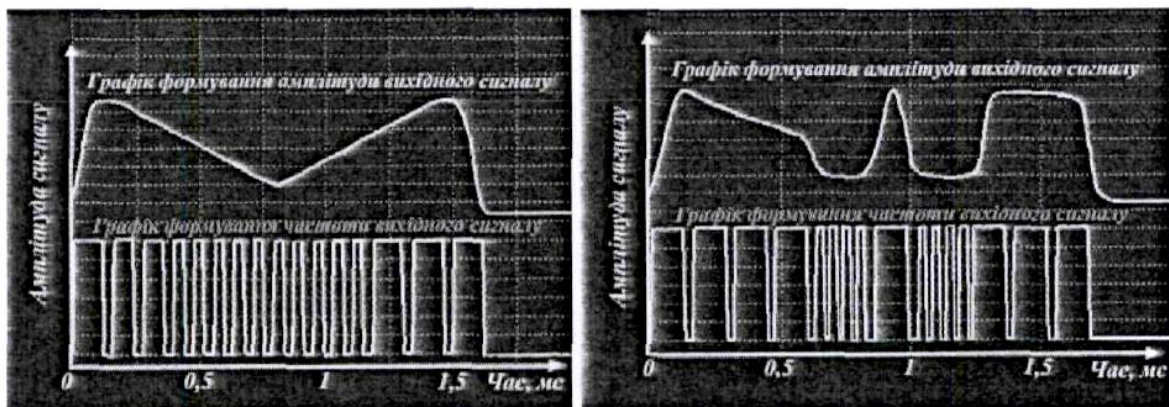
реального часу; формування будь-яких однополярних аналогових сигналів з дозволом в 12 біт і
 завдання цифрових вихідних сигналів амплітудою в 5 В з будь-якими тимчасовими й
 кількісними параметрами з дискретними проміжками часу в 0,25 мкс; організацію інтерфейсу
 5 обміну й передачі даних USB 2.0 для керування через персональний комп'ютер у режимі
 реального часу; організацію режиму керування кутом випередження запалювання при
 використанні розробленої системи в системах запалювання ДВЗ; швидке формування й
 адаптування системи для будь-якого уведення енергії імпульсними розрядами за умови
 наявності необхідних апаратних ресурсів для оптимізації роботи системи запалювання на
 10 основі нерівноважної плазми на базі генератора наносекундних імпульсів на основі дрейфових
 діодів з різким відновленням для ДВЗ і для організації програмно контрольованого уведення
 енергії в плазмових системах керування потоками.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601