



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **143723** (13) **U**  
(51) МПК (2020.01)  
**A62C 37/00**  
**A61B 5/16** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2020 01028</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>17.02.2020</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.08.2020</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.08.2020, Бюл.№ 15</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Абрамов Юрій Олександрович (UA), Собина Віталій Олександрович (UA), Хижняк Андрій Анатолійович (UA), Закора Олександр Вікторович (UA), Безугла Юлія Сергіївна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ, вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023 (UA)</b></p>
--	---

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЕРАТОРА МОБІЛЬНОЇ ПОЖЕЖНОЇ УСТАНОВКИ**

**(57) Реферат:**

Спосіб визначення динамічних характеристик оператора мобільної пожежної установки полягає в тому, що формують на оператора тест-вплив та реєструють його реакцію на цей тест-вплив. Тест-вплив змінюють у часі стрибкоподібно, в кожний із моментів часу, які відстоять один від одного на постійну величину і яку визначають за теоремою Котельнікова. Вимірюють величину зміни сигналу, що відображає реакцію оператора на тест-вплив, відносно попереднього моменту часу. Визначають динамічні характеристики оператора мобільної пожежної установки.

**UA 143723 U**

UA 143723 U

Корисна модель належить до області медичної техніки і може бути використана для контролю операторської діяльності людини, яка виконує функції управління мобільною пожежною установкою.

Відомий спосіб оцінки функційного стану людини-оператора в системі "людина-машина", який полягає в тому, що визначають об'єм короткочасової пам'яті, часу простої сенсомоторної реакції, точності реакції на рухомий об'єкт, надійність обробки сигналу при розрахунку в заданому темпі, час обробки сигналу, складають опис діяльності людини протягом технологічного циклу, визначають параметри тестового впливу та встановлюють операційно-часову модель діяльності оператора, одержану модель використовують як тестовий вплив, при цьому тестовий вплив та оцінку параметрів функційного стану здійснюють для даного виду діяльності [1].

Недоліком такого способу є необхідність в великій кількості початкових даних для формування тестового впливу.

Найбільш близьким аналогом до запропонованого способу є спосіб визначення динамічних характеристик оператора, який полягає в тому, що формують на оператора тест-вплив, який змінюють у часі за синусоїдальним законом, амплітуду якого вибирають такою, що вона є постійною в робочому діапазоні частот і на кожній апріорі заданій частоті в режимі, що встановився, вимірюють сигнал, який відображає реакцію оператора на такий тест-вплив [2].

Недоліком такого способу є те, що його реалізація потребує багато часу, який обумовлений необхідністю проводити вимірювання на апріорі заданих частотах в режимі, що встановився, число яких може досягти декілька десятків.

В основу корисної моделі поставлена задача стосовно скорочення часу для визначення динамічних характеристик оператора мобільної пожежної установки.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення динамічних характеристик оператора мобільної пожежної установки, який полягає в тому, що формують на оператора тест-вплив та реєструють його реакцію на цей тест-вплив, згідно з корисною моделлю, тест-вплив змінюють у часі стрибкоподібно, в кожний із моментів часу, які відстоять один від одного на постійну величину і яку визначають за теоремою Котельнікова, вимірюють величину зміни сигналу, що відображає реакцію оператора на тест-вплив, відносно попереднього моменту часу, а динамічні характеристики оператора мобільної пожежної установки визначають за виразами:

$$A(\omega) = B^{-1} \left[ \left( \sum_{k=0}^n \Delta U_k \cos[\omega(k + 0,5)\Delta t] \right)^2 + \left( \sum_{k=0}^n \Delta U_k \sin[\omega(k + 0,5)\Delta t] \right)^2 \right]^{0,5}; \quad (1)$$

$$\varphi(\omega) = -\arctg \left[ \frac{\sum_{k=0}^n \Delta U_k \sin[\omega(k + 0,5)\Delta t]}{\sum_{k=0}^n \Delta U_k \cos[\omega(k + 0,5)\Delta t]} \right]; \quad (2)$$

де  $B$  - величина тест-впливу;  $\Delta U_k$  - величина зміни сигналу, що відображає реакцію оператора на тест-вплив на інтервалі часу між  $k+1$ -м та  $k$ -м вимірами;  $\Delta t$  - інтервал часу між  $k+1$ -м та  $k$ -м моментами, в які здійснюються вимірювання;  $\omega$  - кругова частота.

Спосіб визначення динамічних характеристик оператора мобільної пожежної установки здійснюють наступним чином.

На оператора мобільної пожежної установки здійснюють тест-вплив, який змінюють у часі стрибкоподібно на величину  $B$ . В кожний із моментів часу, які відстоять один від одного на постійну величину  $\Delta t$  і яку визначають за теоремою Котельнікова, вимірюють величину зміни сигналу  $U(t)$ , що відображає реакцію оператора на тест-вплив, відносно попереднього моменту часу. Тобто, в момент часу  $t_1 = \Delta t$  вимірюють величину  $\Delta U_0 = U_1$ , в момент часу  $t_2 = 2\Delta t$  вимірюють величину  $\Delta U_1 = U_2 - U_1$ , і так далі. Величину  $\Delta t$  визначають за виразом (відповідно до теореми Котельнікова)

$$\Delta t = 0,5f_m^{-1}, \quad (3)$$

де  $f_m$  - максимальна частота спектральної характеристики сигналу  $U(t)$ .

За результатами вимірювань величин  $\Delta U_k$ ,  $k = \overline{0, n}$ , сигнал  $U(t)$  можна представити наступним чином:

$$U(t) = \sum_{k=0}^n \Delta U_k 1(t - (k + 0,5)\Delta t), \quad (4)$$

де  $1(t - (k + 0,5)\Delta t)$  - функція Хевісайда.

Якщо до (4) застосувати інтегральне перетворення Лапласа, то буде мати місце:

$$U(p) = p^{-1} \sum_{k=0}^n \Delta U_k \exp[-p(k + 0,5)\Delta t], \quad (5)$$

де  $p$  - комплексне число.

Інтегральне перетворення Лапласа від тест-впливу має вигляд:

$$Z(p) = p^{-1}B, \quad (6)$$

5 внаслідок чого передаточна функція  $W(p)$  оператора мобільної пожежної установки може бути представлена виразом:

$$W(p) = U(p)[Z(p)]^{-1} = B^{-1} \sum_{k=0}^n \Delta U_k \exp[-p(k + 0,5)\Delta t]. \quad (7)$$

Передаточній функції (7) буде відповідати амплітудно-фазова частотна характеристика  $W(j\omega)$  оператора мобільної пожежної установки:

$$10 \quad W(j\omega) = B^{-1} \sum_{k=0}^n \Delta U_k \exp[-j\omega(k + 0,5)\Delta t] = \\ = B^{-1} \sum_{k=0}^n \Delta U_k [\cos[\omega(k + 0,5)\Delta t] - j \sin[\omega(k + 0,5)\Delta t]], \quad (8)$$

де  $j$  - уявна одиниця.

Амплітудно-частотна характеристика  $A(\omega)$  та фазово-частотна характеристика  $\varphi(\omega)$  оператора мобільної пожежної установки пов'язані із характеристикою (8) наступним чином:

$$A(\omega) = \text{mod } W(j\omega); \varphi(\omega) = \text{arg } W(j\omega), \quad (9)$$

15 тобто можна записати:

$$A(\omega) = B^{-1} \left[ \left( \sum_{k=0}^n \Delta U_k \cos[\omega(k + 0,5)\Delta t] \right)^2 + \left( \sum_{k=0}^n \Delta U_k \sin[\omega(k + 0,5)\Delta t] \right)^2 \right]^{0,5}; \quad (10)$$

$$\varphi(\omega) = -\text{arctg} \left[ \frac{\sum_{k=0}^n \Delta U_k \sin[\omega(k + 0,5)\Delta t]}{\sum_{k=0}^n \Delta U_k \cos[\omega(k + 0,5)\Delta t]} \right]. \quad (11)$$

Час визначення динамічних характеристик (10) та (11) складається із часу, який потрібен для вимірювання величин  $\Delta U_k$ , число яких дорівнює  $n+1$ . Цей час дорівнює часу перехідного процесу, тобто  $t_n=(n+1)\Delta t$ . У способі найближчого аналога час визначення динамічних характеристик складається із  $(n+1)$   $t_n=(n+1)^2\Delta t$ , що обумовлено тим, що кожне вимірювання проводиться після закінчення перехідного процесу. Таким чином, при реалізації запропонованого способу має місце виграш у часі визначення динамічних характеристик в  $n+1$  разів.

25 Таким чином, формування тест-впливу на оператора мобільної пожежної установки, який змінюється у часі стрибкоподібно, вимірювання в кожний із моментів часу, які відстоять один від одного на постійну величину і яку визначають за теоремою Котельнікова, величин зміни сигналу, що відображає реакцію оператора на тест-вплив, відносно попереднього моменту часу, а також використання виразів (10) та (11), дозволяє скороти час визначення динамічних характеристик оператора мобільної пожежної установки.

Джерела інформації:

1. Патент Російської Федерації № 2240728, МПК А61В 5/16, 2004.

2. Цибульский И.Е. Человек как звено следящей системы/ И.Е. Цибульский. - М.: Наука, 1981. - 288 с.

35

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5 Спосіб визначення динамічних характеристик оператора мобільної пожежної установки, який полягає в тому, що формують на оператора тест-вплив та реєструють його реакцію на цей тест-вплив, який **відрізняється** тим, що тест-вплив змінюють у часі стрибкоподібно, в кожний із моментів часу, які відстоять один від одного на постійну величину і яку визначають за теоремою Котельнікова, вимірюють величину зміни сигналу, що відображає реакцію оператора на тест-вплив, відносно попереднього моменту часу, а динамічні характеристики оператора мобільної пожежної установки визначають за виразами:

10 
$$A(\omega) = B^{-1} \left[ \left( \sum_{k=0}^n \Delta U_k \cos[\omega(k+0,5)\Delta t] \right)^2 + \left( \sum_{k=0}^n \Delta U_k \sin[\omega(k+0,5)\Delta t] \right)^2 \right]^{0,5};$$

$$\varphi(\omega) = -\arctg \left[ \frac{\sum_{k=0}^n \Delta U_k \sin[\omega(k+0,5)\Delta t]}{\sum_{k=0}^n \Delta U_k \cos[\omega(k+0,5)\Delta t]} \right]^{-1},$$

де B - величина тест-впливу;  $\Delta U_k$  - величина зміни сигналу, що відображає реакцію оператора на тест-вплив на інтервалі часу між k+1 - м та k-м вимірами;  $\Delta t$  - інтервал часу між k+1-м та k-м моментами, в які здійснюються вимірювання;  $\omega$  - кругова частота.

15

---

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

---

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

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