

**УКРАЇНА****(19) UA****(11) 110083****(13) C2****(51) МПК****F22B 35/02 (2006.01)****F23N 1/02 (2006.01)**

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**

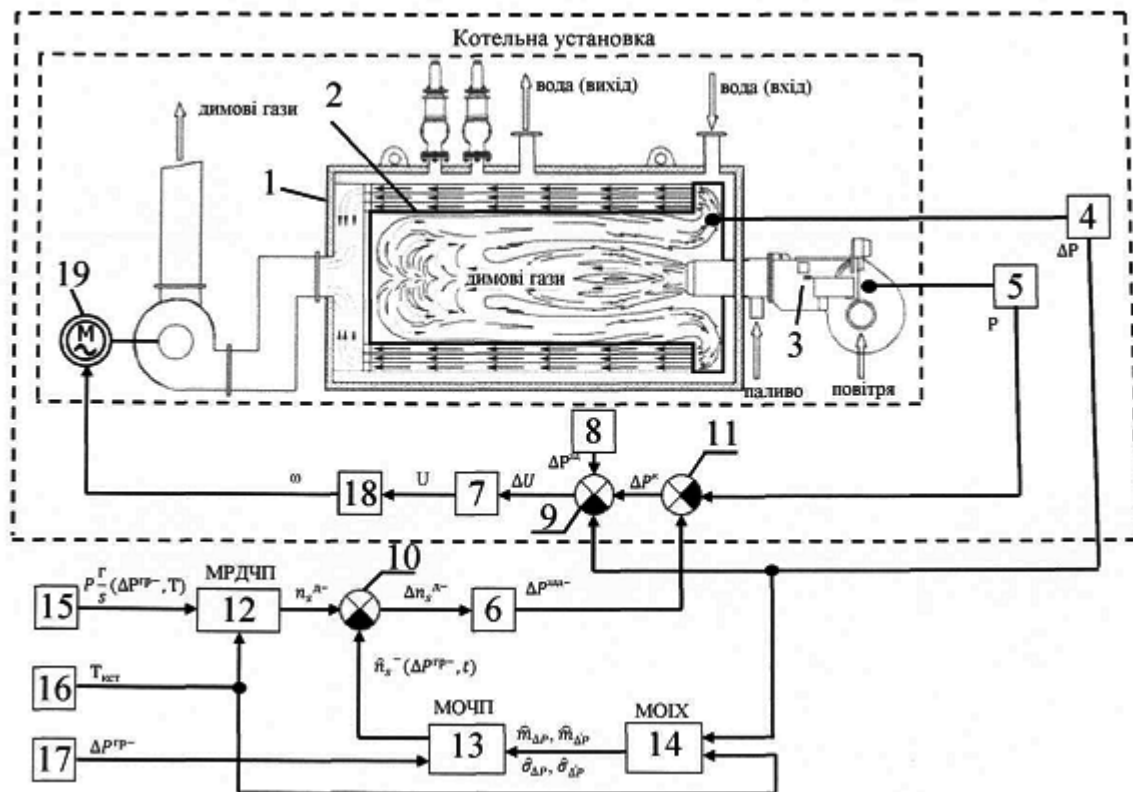
**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2014 13070</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Хобін Віктор Андрійович (UA), Трубіков Валерій Анатолійович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>05.12.2014</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039 (UA)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.11.2015</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 35216 U, 10.09.2008 US 2008057451 A1; 06.03.2008 US 2012006285 A1 12.01.2012 RU 2100703 C1, 27.12.1997 RU 2129240 C1, 20.04.1999 Бузников Е. Ф., Раддатис К.Ф., Берзиньш Э.Я. Производственные и отопительные котельные. - Москва: Энергоиздат, 1984. - С. 222-235.
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>25.08.2015, Бюл.№ 16</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.11.2015, Бюл.№ 21</b>	

**(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РОЗРІДЖЕННЯМ В ТОПЦІ КОТЛА****(57) Реферат:**

Винахід належить до теплоенергетики і може бути використаний в системах автоматичного управління паровими або водогрійними котлами, зокрема в системах автоматичного керування розрідженням в топці котла. Спосіб автоматичного керування розрідженням в топці котла включає вимірювання величини розрідження в топці котла, вимірювання величини тиску повітря в запальному пристрої котла, порівняння величини розрідження із заданим значенням і стабілізацію розрідження на заданому значенні зміною витрат продуктів згоряння, що видаляються, порівняння величини розрідження з її гранично допустимим значенням і, при виникненні аварійної ситуації, коли величина розрідження стає менше гранично допустимого значення, вмикання аварійного захисту, на відміну від прототипу, в мінливих умовах роботи топки додатково коригують задане значення розрідження, встановлюючи його, для поточних мінливих умов роботи топки, мінімально допустимим і, одночасно, таким, щоб при мінливих характеристиках коливальності розрідження щодо такого заданого значення, аварійна ситуація не виникала. Технічний результат полягає в забезпеченні підвищення ефективності роботи котла за рахунок зменшення втрат тепла з димовими газами.

**UA 110083 C2**



Винахід належить до теплоенергетики і може бути використаний в системах автоматичного управління паровими або водогрійними котлами, зокрема в системах автоматичного керування розрідженням в топці котла.

Відомий спосіб автоматичного керування розрідженням в топці котла, який реалізовано в системі автоматичного керування розрідженням, на основі регулятора, яка використовує інформацію однієї змінної - розрідження в топці котла та формує сигнал управління на зміну витрат продуктів згоряння, що видаляються, який реалізується різними технологічними пристроями: а) зміна положення дросельної заслінки [див. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций. - Москва: Энергоиздат, 1981. - с. 241], б) зміна положення напрямного апарата [див. Шафрановский В.А. Справочник наладчика автоматики котельных установок. - Симферополь: Таврия, 1987. - с. 154-172], в) зміна частоти обертання димососа [див. патент Російської федерації №2247900, МПК F23N 1/02, 10.03.2005]. Відповідно до цього способу, встановлюється задане значення розрідження, вимірюється величина розрідження, порівнюється із заданим значенням і стабілізується на заданому значенні, зміною витрат продуктів згоряння, що видаляються і, при виникненні аварійної ситуації, коли величина розрідження стає менше гранично допустимого значення, вмикається аварійний захист та припиняється подача палива.

Відомий, розглянутий вище спосіб (аналог), має із способом, що заявляється, такі загальні операції: вимірювання величини розрідження в топці котла, порівняння величини розрідження з її заданим значенням і стабілізація розрідження на заданому значенні зміною витрат продуктів згоряння, що видаляються, і, при виникненні аварійної ситуації, коли величина розрідження стає менше гранично допустимого значення, вмикається аварійного захисту та припинення подачі палива.

Недоліком цього способу є низька ефективність роботи котла за рахунок підвищених витрат тепла з димовими газами. Це пояснюється тим, що задане значення розрідження встановлюють таким, щоб коливання розрідження, щодо цього значення не опускалися нижче гранично допустимого значення. Це призводить до підвищення присосів повітря в топку, їх нагрівання і видалення з димовими газами.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб автоматичного керування розрідженням в топці котла, який реалізовано в системі автоматичного керування розрідженням, на основі регулятора, який використовує інформацію двох змінних - розрідження газів в топці котла і тиск повітря в запальному пристрої котла та формує сигнал управління на зміну витрат продуктів згоряння, що видаляються [Бузников Е. Ф., Раддатис К.Ф., Берзиньш Э.Я. Производственные и отопительные котельные. - Москва: Энергоиздат, 1984. - с. 222-235]. Відповідно до цього способу, встановлюється задане значення розрідження, вимірюється величина розрідження в топці котла, вимірюється величина тиску повітря в запальному пристрої котла, величина розрідження порівнюється із заданим значенням і стабілізується на заданому значенні, зміною витрат продуктів згоряння, що видаляються і, при виникненні аварійної ситуації, коли величина розрідження стає менше гранично допустимого значення, вмикається аварійний захист та припиняється подача палива.

Цей спосіб вибрано прототипом.

Прототип і спосіб, який заявляється, мають наступні спільні операції: вимірювання величини розрідження в топці котла, вимірювання величини тиску повітря в запальному пристрої котла, порівняння величини розрідження з її заданим значенням і стабілізація розрідження на заданому значенні, зміною витрат продуктів згоряння, що видаляються, і, при виникненні аварійної ситуації, коли величина розрідження стає менше гранично допустимого значення, вмикається аварійного захисту та припинення подачі палива.

Недоліком цього способу є низька ефективність роботи котла за рахунок підвищених витрат тепла з димовими газами. Це пояснюється тим, що задане значення розрідження встановлюють таким, щоб коливання розрідження, щодо цього значення не опускалися нижче гранично допустимого значення. Це призводить до підвищення присосів повітря в топку, їх нагрівання і видалення з димовими газами.

В основу винаходу поставлено задачу створити спосіб автоматичного керування розрідженням в топці котла, в якому, шляхом зменшення витрат тепла з димовими газами, забезпечується підвищення ефективності роботи котла.

Поставлена задача вирішена в способі автоматичного керування розрідженням в топці котла, що включає вимірювання величини розрідження в топці котла, вимірювання величини тиску повітря в запальному пристрої котла, порівняння величини розрідження із заданим значенням і стабілізацію розрідження на заданому значенні зміною витрат продуктів згоряння, що видаляються, порівняння величини розрідження з її гранично допустимим значенням і, при

виникненні аварійної ситуації, коли величина розрідження стає менше гранично допустимого значення, вмикання аварійного захисту, на відміну від прототипу, додатково коригують задане значення розрідження, встановлюючи його, для поточних мінливих умов роботи котла, мінімально допустимим і, одночасно, таким, щоб при мінливих характеристиках коливач

5 розрідження щодо такого заданого значення, аварійна ситуація не виникала, для чого в задатчику гранично припустимого значення розрідження додатково задають гранично припустиме значення розрідження, в модулі оцінки поточного значення частоти порушення додатково задають інтервал часу, значно менший, ніж час роботи топки, для цього інтервалу часу, у задатчику імовірності відсутності порушень задають бажане значення імовірності

10 відсутності порушень, в модулі розрахунку допустимої частоти порушень регламенту розраховують допустиме значення частоти виникнення аварійних ситуацій, по вимірних значеннях розрідження в топці, на ковзному інтервалі часі з задатчика інтервалу часу, в модулі оцінки імовірнісних характеристик розраховують оцінки імовірнісних характеристик коливач розрідження, за значеннями розрахованих оцінок, розраховують оцінку поточного значення частоти виникнення аварійних ситуацій в модулі оцінки поточного значення частоти порушень, цю оцінку порівнюють з її допустимим значенням з модуля розрахунку допустимої частоти порушень регламенту, змінюючи задане значення розрідження і стабілізують оцінку поточної частоти виникнення аварійних ситуацій на її допустимому значенні.

Розрахунок допустимого значення частоти виникнення аварійної ситуації ведуть з математичної моделі:

$$n_s^{d-} = -\frac{1}{T} \ln P_s^{3d}(\Delta P^{rp-}, T),$$

де:  $P_s^{3d}(\Delta P^{rp-}, T)$  - задане значення вірогідності відсутності аварійної ситуації на інтервалі часу  $T$ , коли величина розрідження  $\Delta P$  знижується нижче його гранично допустимого значення  $\Delta P^{rp-}$ ;

нижні індекси  $S$  і  $\bar{S}$  - позначають події, пов'язані, відповідно, з виникненням аварійної ситуації і з її відсутністю. Розрахунок оцінки поточного значення частоти виникнення аварійних ситуацій ведуть з математичної моделі:

$$\hat{n}^-(\Delta P^{rp-}, T) = \frac{\hat{\sigma}_{\Delta P}}{2\pi \hat{\sigma}_{\Delta P}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{sign} \Delta \Delta P - \left[ \frac{\Delta P^{rp-} - \hat{m}_{\Delta P}(t)}{\hat{\sigma}_{\Delta P}} \right]^2 \right\} * \\ * \left\{ \exp \left( \frac{\hat{m}_{\Delta P}(t)}{\hat{\sigma}_{\Delta P}} \right) + \sqrt{2\pi} \frac{\hat{m}_{\Delta P}(t)}{\hat{\sigma}_{\Delta P}(t)} \Phi \left( + \frac{\hat{m}_{\Delta P}(t)}{\hat{\sigma}_{\Delta P}(t)} \right) \right\},$$

де  $\Phi(\dots) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp \left\{ -\frac{1}{2} z^2 \right\} dz$ ,  $\Phi'(\dots) = \frac{1}{2\pi} \exp \left( -\frac{1}{2} z^2 \right)$  - інтеграл імовірності та його

похідна для нормального закону розподілу ймовірностей;

$\hat{\sigma}_{\Delta P}, \hat{\sigma}_{\Delta P}^*$  - оцінки середньоквадратичних відхилень розрідження і швидкості його зміни як випадкових процесів, обчислювані на ковзному інтервалі часу  $T_{kst}$ ;

$\hat{m}_{\Delta P}, \hat{m}_{\Delta P}^*$  - оцінки мінливого математичного очікування і його першої похідної, обчислювані на ковзному інтервалі часу  $T_m < T_{kst}$ .

Один з варіантів розрахунку оцінок характеристик випадкових процесів у модулі оцінки ймовірнісних характеристик:

$$\hat{m}_{\Delta P} = \frac{1}{T_m} \int_{T_m}^{t+T_m} \Delta P(t) dt,$$

де  $\hat{m}_{\Delta P}$  - оцінка математичного очікування.

$$\hat{m}_{\Delta P}^* = \frac{1}{T} \int_{T_m}^{t+T_m} \Delta P(t) dt,$$

де  $\hat{m}_{\Delta P}$  - оцінка похідної математичного очікування.

$$\hat{\sigma}_{\Delta P}^2 = \frac{1}{T} \int_{T_{\text{кст}}}^{t+T_{\text{кст}}} \left( \Delta P(t) - \hat{m}_{\Delta P} \right)^2 dt,$$

де  $\hat{\sigma}_{\Delta P}$  - оцінка середньоквадратичного відхилення.

$$\hat{\sigma}_{\Delta^* P}^2 = \frac{1}{T} \int_{T_{\text{кст}}}^{t+T_{\text{кст}}} \left( \Delta^* P(t) - \hat{m}_{\Delta^* P} \right)^2 dt,$$

5 де  $\hat{\sigma}_{\Delta^* P}$  - оцінка похідної середньоквадратичного відхилення.

Як приклад, розрахунок поточного значення ймовірності відсутності порушення в модуль розрахунку допустимої частоти порушень регламенту визначається з виразу:

$$P_s(\Delta P^{\text{гр-}}, T) = \exp\{-n_s(\Delta P^{\text{гр-}}, T)\} = \exp\{N_s(\Delta P^{\text{гр-}}, T)\},$$

де  $T$  - інтервал часу;

10  $n_s(\Delta P^{\text{гр-}}, T)$  - середня частота (інтенсивність) порушень у обмежень  $\Delta P^{\text{гр-}}$  на інтервалі часу  $T$ ;

$N_s(\Delta P^{\text{гр-}}, T)$  - загальна кількість подій  $S$  на інтервалі часу  $T$ .

На кресленні наведено схему одного з варіантів системи керування розрідженням в топці котла для здійснення способу, що заявляється.

15 Об'єктом управління є топка 2 котла 1 з системою видалення димових газів, продуктивність якої змінюється за рахунок зміни швидкості обертання димососа. Контур регулювання розрідження включає датчик розрідження 4 в топці 2 котла 1, датчик тиску повітря 5 в запальному пристрої 3 котла 1, регулятор частоти порушень гранично припустимого значення розрідження 6 та регулятор розрідження 7, задатчик величини розрідження 8 в топці 2 котла 1, блок порівняння корегуючого сигналу, сигналу зворотного зв'язку з датчика розрідження 4 та сигналу допустимого заданого значення розрідження 9, блок порівняння сигналу з модуля розрахунку допустимої частоти порушень регламенту і сигналу з модуля оцінки поточного значення частоти порушень 10, блок порівняння сигналу допустимого заданого значення розрідження і сигналу зворотного зв'язку від датчика тиску повітря 11, модуль розрахунку допустимої частоти порушень регламенту 12 (МРДЧП), модуль оцінки поточного значення частоти порушень 13 (МОЧП), модуль оцінки ймовірнісних характеристик 14 (МОІХ), задатчик ймовірності відсутності порушень 15, задатчик інтервалу часу 16, де виконується умова квазістаціонарності, задатчик гранично припустимого значення розрідження 17, частотний перетворювач 18 двигуна димососа 19.

30 Спосіб здійснюється наступним чином.

Розрідження  $\Delta P$  в топці 2 котла 1 вимірюється за допомогою датчика розрідження 4. Сигнал з датчика розрідження 4 та сигнал з задатчика 16 інтервалу часу  $T_{\text{кст}}$ , де виконується умова квазістаціонарності, надходять на вхід модуля 14, який призводить оцінки ймовірнісних характеристик величини  $\Delta P$ . На основі сигналів оцінок ймовірнісних характеристик та задатчика 17 гранично припустимого значення розрідження  $\Delta P^{\text{гр-}}$ , модуль 13 формує сигнал поточної або розрахункової інтенсивності порушень регламенту  $n_s^{\Delta-}(\Delta P^{\text{гр-}}, t)$ . Модуль розрахунку допустимої частоти порушень регламенту 12 формує сигнал припустимої інтенсивності порушень  $n_s^{\Delta-}$  за сигналами задатчика ймовірності відсутності порушень 15 та задатчика інтервалу часу  $T_{\text{кст}}$  16, де виконується умова квазістаціонарності. Блок порівняння 40 10 формує сигнал  $\Delta n_s^{\Delta-}$ , як різницю сигналу припустимої інтенсивності порушень  $n_s^{\Delta-}$  та сигналу поточної або розрахункової інтенсивності порушень регламенту  $n_s^{\Delta-}(\Delta P^{\text{гр-}}, T)$ . Цей сигнал надходить на вхід регулятора частоти порушень 6, який формує сигнал допустимого заданого значення розрідження  $\Delta P^{\text{здр-}}$ . Тиск повітря  $P$  в запальному пристрої 3 вимірюється за допомогою датчика тиску повітря 5. Сигнал допустимого заданого значення розрідження 45  $\Delta P^{\text{здр-}}$  від регулятора частоти порушень гранично припустимого значення розрідження 6 та сигнал тиску повітря  $P$  з датчика тиску повітря 5 надходять на вхід блока порівняння 9, який

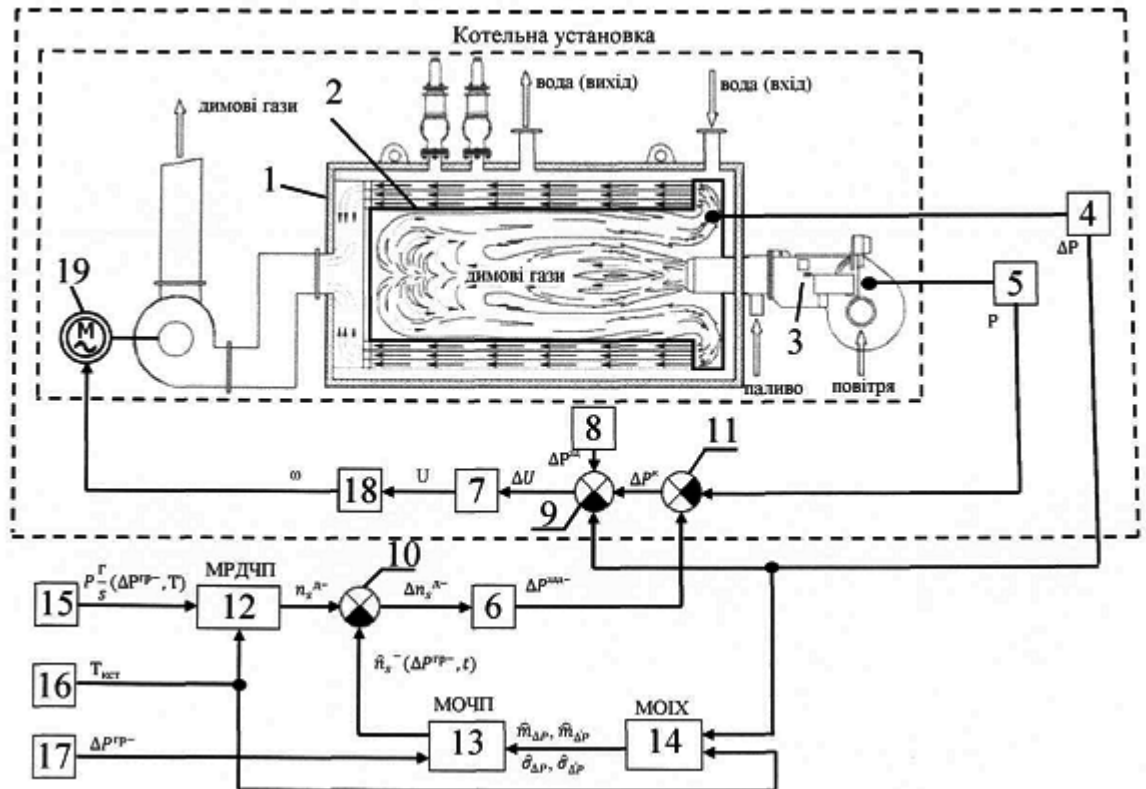
формує корегуючий сигнал  $\Delta P^k$ . Сигнал з задатчика величини розрідження 8 надходить в блок порівняння 9, куди також надходять сигнал величини розрідження  $\Delta P$  та корегуючий сигнал  $\Delta P^k$  з блока порівняння 11. За цими сигналами, блок порівняння 9 формує сигнал розузгодження  $\Delta U$ , який надходить на вхід регулятора розрідження 7, що формує керуючу дію  $U$ .

Керуюча дія  $U$  надходить на частотний перетворювач 18, що змінює швидкість обертання  $\omega$  двигуна димососа 19. Зміна частоти обертання двигуна димососа 19 змінює кількість відсмоканих димових газів, що виділяються при спалюванні палива в котлі 1, що призводить до відповідної зміни величини розрідження  $\Delta P$  в топці 2 котла 1.

Імітаційне моделювання запропонованого способу підтвердило доцільність його використання та працездатність системи управління.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб автоматичного керування розрідженням в топці котла, що включає вимірювання величини розрідження в топці котла, вимірювання величини тиску повітря в запальному пристрої котла, порівняння величини розрідження із заданим значенням і стабілізацію розрідження на заданому значенні зміною витрат продуктів згоряння, що видаляються, порівняння величини розрідження з її гранично допустимим значенням і, при виникненні аварійної ситуації, коли величина розрідження стає менше гранично допустимого значення, вмикання аварійного захисту, який **відрізняється** тим, що додатково коригують задане значення розрідження, встановлюючи його, для поточних мінливих умов роботи котла, мінімально допустимим і, одночасно, таким, щоб при мінливих характеристиках коливань розрідження щодо такого заданого значення, аварійна ситуація не виникала, для чого в задатчику гранично припустимого значення розрідження додатково задають гранично припустиме значення розрідження, в модулі оцінки поточного значення частоти порушення додатково задають інтервал часу, значно менший, ніж час роботи топки, для цього інтервалу часу, у задатчику імовірності відсутності порушень задають бажане значення імовірності відсутності порушень, в модулі розрахунку допустимої частоти порушень регламенту розраховують допустиме значення частоти виникнення аварійних ситуацій, по виміряних значеннях розрідження в топці, на кожному інтервалі часі з задатчика інтервалу часу, в модулі оцінки імовірнісних характеристик, розраховують оцінки імовірнісних характеристик коливань розрідження, за значеннями розрахованих оцінок, розраховують оцінку поточного значення частоти виникнення аварійних ситуацій в модулі оцінки поточного значення частоти порушень, цю оцінку порівнюють з її допустимим значенням з модуля розрахунку допустимої частоти порушень регламенту, змінюючи задане значення розрідження і стабілізують оцінку поточної частоти виникнення аварійних ситуацій на її допустимому значенні.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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

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