



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 51952

(13) A

(51) 6 G01F3/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВТРАТ ГАЗІВ

1

2

(21) 2001117606

(22) 07 11 2001

(24) 16 12 2002

(46) 16 12 2002, Бюл. № 12, 2002 р.

(72) Занько Сергій Миколаєвич

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1 Пристрій для вимірювання втрат газів, що містить ротаметричну трубку і поплавця, який відрізняється тим, що в нього додатково введені функціональний перетворювач, який включає ротаметричну трубку з поплавцем, перший і другий ємнісні вимірювальні перетворювачі з відповідними першою і другою парами електродів,

рахункові входи перетворювачів з'єднані з рахунковими входами першого і другого лічильників відповідно, вихід виводу паралельного коду другого лічильника з'єднаний з інформаційними входами запам'ятовуючого регістра, виходи першого і другого лічильників підключені до входів запам'ятовуючого регістра, виходи запам'ятовуючого регістра і таймера підключені до входів суматора 2 Пристрій по п 1, який відрізняється тим, що стінки ротаметричної трубки виконані з напілюванням, а перша і друга пари електродів виконані трикутними і дорівнюють довжині ротаметричної трубки

Пристрій відноситься до галузі вимірювальної техніки, а саме до приладів виміру параметрів газоповітряного середовища і може бути використаний в корозійностійкому виконанні для виміру витрат практично будь-яких середовищ у трубопроводах

Відомий пристрій типу РМ ДСТ 13045-81 містить ротаметричну трубку з поплавцем. Зчитування величини поточних значень витрати газу по висоті положення поплавця відбувається візуально

Недоліком пристрою є низька точність, неможливість додатково вимірювати сумарну витрату потоку газу за контрольований період з наданням результатів вимірів електричним сигналом в автоматизованих системах обробки вимірювальної інформації [1]

В основу винаходу поставлена задача удосконалити пристрій для вимірювання втрат газів, що дозволяє сполучити простоту і надійність конструкції з підвищеною точністю додатково вимірювати сумарну витрату потоку газу за контрольований період із представленням результатів усіх вимірів уніфікованим електричним сигналом (цифровим чи аналоговим), що дозволяє використовувати пристрій в автоматизованих системах обробки вимірювальної інформації

Поставлена задача удосконалити винахід вирішується тим, що в пристрої для вимірювання втрат газів, який містить ротаметричну трубку і

поплавець додатково введені функціональний перетворювач, що включає, ротаметричну трубку з поплавцем, перший і другий ємнісні вимірювальні перетворювачі з відповідними першою і другою парами електродів, рахункові виходи перетворювачів з'єднані з рахунковими входами першого і другого лічильників відповідно, вихід виводу паралельного коду другого лічильника з'єднаний з інформаційними входами запам'ятовуючого регістра, виходи першого і другого лічильників підключені до входів запам'ятовуючого регістра, виходи запам'ятовуючого регістра і таймера підключені до входів суматора, стінки ротаметричної трубки виконані з напілюванням, а перша і друга пари електродів виконані трикутними

На фіг 1 зображена функціональна блок-схема пристрою. На фіг 2 зображений план розгорнення бічної поверхні ротаметричної трубки з електродами

На фіг 3 зображений графік функціональних залежностей площ S_{n1} , S_{n2} і їхні відносини першої і другої пар електродів матеріалом поплавця в залежності від його відносного положення K_n по висоті ротаметричної трубки

На фіг 4 зображений графік функціональних залежностей відносин $K_0 = 31 / 32$ електричних ємностей пар електродів від відносного положення K_n поплавця по висоті ротаметричної трубки при різних значеннях

На фіг 5 зображені тимчасові діаграми форму-

(13) A

(11) 51952

(19) UA

вання числових значень у лічильниках Сч1 і Сч2 і запам'ятовуючому регістрі ЗР

Пристрій для вимірювання втрат газів містить функціональний перетворювач 1 ФП, що включає поплавця 2, ротаметричну трубку 3, перший 4 і другий 5 ємнісні вимірювальні перетворювачі ЕИП1, ЕИП2 з відповідними першим 6 і другим 7 парами електродів Э1, Э2, рахункові виходи перетворювачів 4, 5 ЕИП1 і ЕИП2 з'єднані з рахунковими входами першого 8 і другого 9 лічильників Сч1 і Сч2 відповідно. Вихід виводу паралельного коду лічильника 9 Сч2 з'єднаний з інформаційними входами запам'ятовуючого регістра 10 ЗР. З виходу «1» лічильника 8 Сч1 виробляється дозвіл запису паралельного коду з лічильника 9 Сч2 у запам'ятовуючий регістр 10 ЗР, а з виходу «2» виробляється керування скиданням показань лічильників. Таймер 11 Т формує імпульси, які проходять через постійні інтервали, що дозволяють періодично підсумовувати поточні значення витрати потоку газу в суматорі 12Σ.

Пристрій для виміру витрати газу працює в такий спосіб. На фіг 1 - 5 і нижче в тексті введені наступні позначення і символи

H, d — висота і діаметр ротаметричної трубки,

$$H, a = \pi d / 2,$$

$$S_{\Delta} = \frac{\pi d}{Y} = \frac{H^2}{\operatorname{tg} \alpha},$$

висота, основа і площа кожного з чотирьох кутних електродів,

$$H_1 K = \frac{H_1}{H}$$

абсолютне і відносне положення поплавця по висоті від основи ротаметричної трубки,

$$h_{\Pi}, 2a = 2(a_1 + a_2)$$

висота, периметр основи і бічна поверхня поплавця — загальна площа і площі покриття першої і другої пар електродів,

$$S_{\Pi} = S_{\Pi 1} + S_{\Pi 2}$$

$$C_1, C_2,$$

електричні ємності, утворені першою і другою парами електродів з урахуванням переміщення поплавця в між електродних середовищах із крайнього нижнього у крайнє верхнє положення і їх відношення,

$$\varepsilon_r, \varepsilon_{\Pi}$$

діелектричні проникливості потоку газоповітряного середовища і матеріалу поплавця і їх відношення

$$K_{\varepsilon} = \varepsilon_r / \varepsilon_{\Pi}$$

Кожний з чотирьох профільованих електродів у розгорнутому плані являє собою рівнобедрені трикутники з висотою H_1 рівній довжині трубки і підставами a_1 і a_2 — (пари трикутних електродів, що утворюють ємності C_1 і C_2 відповідно), рівних по площині оточуючих відносно нижньої і верхньої основ трубки, тобто $a_1 = \operatorname{tg} \pi_1$, $a_2 = \operatorname{tg} \pi_2$, де π_1 і π_2 — радіуси нижньої і верхньої основ трубки. Підстави

пар трикутних електродів ємностей C_1, C_2 розташовані по периметрах нижньої і верхньої основ трубки відповідно

Обрані конфігурації (трикутні) і взаємне розташування електродів на зовнішній поверхні трубки — одне з неодмінних умов одержання вихідного електричного сигналу, пропорційного витраті контрольованого середовища. Друга умова — розходження діелектричних проникливостей контрольованого середовища ($\delta m\% 1,0$) і матеріалу поплавця ($\delta n = 3 - 10$)

Для спрощення розрахунків функціональної залежності $C_4 / 32 = F(H_1)$ приймаються наступні допущення

- підстави пар трикутних електродів рівні

$$a_1 = a_2 = \operatorname{tg} m,$$

- бічна поверхня поплавця прямокутної форми площею

$$S_n = 2a'h_n,$$

- зазорами між гранями електродів можна знехатати

При відсутності газового потоку ($V_{\text{г}} = 0$) поплавець знаходиться в крайньому нижньому положенні під прозорою ротаметричною трубкою поза між електродних просторів першої і другої пар електродів

$$\frac{C_1}{C_2} = 1 \text{ при } Q_{\text{г}} = 0$$

При наявності газового потоку поплавець переміщується в між електродному просторі (положення II, III, IV) і, володіючи діелектричною проникливістю ε_{Π} , приблизно на порядок більшої діелектричної проникливості δm газу $\delta n \gg \delta m$, змінює в різному ступені електричні ємності C_1, C_2 відповідно до площ перекриттів електродів $S_{\Pi 1}, S_{\Pi 2}$, що змінюється

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\varepsilon_r'(S_{\Delta} - S_{\Pi 1}) + \varepsilon_{\Pi}'S_{\Pi 1}}{\varepsilon_r'(S_{\Delta} - S_{\Pi 2}) + \varepsilon_{\Pi}'S_{\Pi 2}} \quad (2.2.1-1)$$

З вираження (2.2.1-1) випливає, що вимірювана електрична величина C_1 / C_2 залежить від площ перекриттів електродів $S_{\Pi 1}, S_{\Pi 2}$, величини яких перерозподіляються в залежності від положення H_1 поплавця по висоті трубки H

$$S_{\Delta} = a^2 / 2'H_1,$$

$$a = 2H / \operatorname{tg} \alpha,$$

$$S_{\Delta} = H^2 / \operatorname{tg} \alpha,$$

$$a = a_1 + a_2,$$

$$S_{\Pi} = a'h_{\Pi},$$

$$S_{\Pi} = S_{\Pi 1(i)} + S_{\Pi 2(i)},$$

$$S_{\Pi 1(i)} = a_1(i)'h_{\Pi},$$

$$S_{\Pi 2(i)} = a_2(i)'h_{\Pi},$$

$$a_1 = \frac{2(H - H_1)}{\operatorname{tg} \alpha}, a_2 = \frac{2H_1}{\operatorname{tg} \alpha},$$

$$S_{\Pi 1} = h_{\Pi} \frac{2(H - H_1)}{\operatorname{tg} \alpha}, S_{\Pi 2} = h_{\Pi} \frac{2H_1}{\operatorname{tg} \alpha},$$

$$\frac{S_{\Pi 1}}{S_{\Pi 2}} = \frac{H - H_1}{H_1}, \quad (2.2.1-2)$$

Введемо відносні величини

$$K_C = \frac{C_1}{C_2}, K_H = \frac{H_1}{H}, \quad (2.2.1-3)$$

$$K_E = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_n} K_n \frac{h_n}{H}$$

Після нижчеподаних перетворень з обліком введених відносних величин K_C , K_E , K_n одержимо

$$K_C = \frac{\frac{H^2}{\tan \alpha' S_{n2}} - \frac{S_{n1}}{S_{n2}} + K_E \frac{S_{n1}}{S_{n2}}}{\frac{H^2}{\tan \alpha' S_{n2}} - \frac{S_{n2}}{S_{n2}} + K_E \frac{S_{n2}}{S_{n2}}} = \frac{\frac{H^2}{h_n' H_1} - \frac{H-H_1}{H_1} + K_E \frac{H-H_1}{H_1}}{\frac{H^2}{h_n' H_1} - 1 + K_E} = \frac{H^2 - h_n(H-H_1) + K_E h_n(H-H_1)}{H^2 + h_n' H_1 (K_E - 1)} \quad (2.2.1-5)$$

Розділивши на H^2 і з урахуванням виразу (2.2.1-3) одержимо

$$K_C = \frac{1 + K_n(1 - K_n)(K_E - 1)}{1 + K_n' K_n' (K_E - 1)} \quad (2.2.1-6)$$

$$K_C = \frac{\frac{1}{K_n'(K_E - 1)} + (1 - K_n)}{\frac{1}{K_n'(K_E - 1)} + K_n} \quad (2.2.1-7)$$

З вираження (2.2.1-6) визначаємо значення K_n

$$K_n = \frac{1}{K_n'(K_E - 1)} \cdot \frac{(1 - K_C)}{(1 + K_C)} + \frac{1}{(1 + K_C)} \quad (2.2.1-8)$$

или

$$K_C = \frac{H}{h_n} \cdot \frac{\varepsilon_n - \varepsilon_r}{\varepsilon_r} \cdot \frac{C_2 - C_1}{C_2 + C_1} + \frac{C_2}{C_2 + C_1} \quad (2.2.1-9)$$

Пристрій працює таким чином в електронну частину пристрою (фіг 1 - 4) входять функціональний перетворювач 1, що включає перший і другий ємнісні перетворювачі 4, 5 з відповідними першою і другою парами електродів 6 і 7, рахункові виходи перетворювачів 4, 5 з'єднані з рахунковими входами першого і другого лічильників 8 і 9 відповідно. Вихід виходу паралельного коду лічильника 9 з'єднаний з інформаційними входами запам'ятовуючого регістра 10. З виходу "(2" - 1)" лічильника 8 виробляється дозвіл запису паралельного коду з лічильника 9 у запам'ятовуючий регістр 10, а з виходу "2" виробляється керування скиданням показань лічильників 8 і 9. Таймер 11 формує імпульси, що випливають через постійні інтервали Δt ітак, що дозволяють періодично підсумовувати поточні значення. Від витрати в суматорі 12. У такий спосіб лічильником 8 формується часовий інтервал

$$T_1 = (2^n - 1) \cdot 1 / f_1, \quad (2.2.1-10)$$

у плин якого лічильник 9 заповнюється імпульсною послідовністю з частотою $f_z = 1 / \Delta z$

Зі збільшенням висоти H , положення поплавця ємність $C_1 = 1 / f_1$ збільшується, відповідно збільшується період T_1 заповнення лічильника 8 до заданого значення 2^n , одночасно зменшується ємність $C_2 = 1 / f_2$ і більша кількість імпульсних посилок надійдуть на рахунковий вхід лічильника 9 поточних значень витрати газу, тобто прогляда-

$$K_C = \frac{(S_{\Delta} - S_{n1}) + K_E' S_{n1}}{(S_{\Delta} - S_{n2}) + K_E' S_{n2}} \quad (2.2.1-4)$$

ється пропорційність

$$H_i (K_n) \equiv Q_T (Q_E) \equiv F (C_1 / C_2) \quad (2.2.1-11)$$

Кінематична схема моделі конструкції пристрою використовується цілком з незначними трудовитратними доробками — напилювання електродів Товщина шару напилювання, або його малюнок (наприклад, решітчастий) повинні забезпечити візуальне спостереження положення поплавця усередині ротаметричної трубки

Включення у вимірювальну схему двох пар електродів і вимір відносини C_1 / C_2 величин C_1 і C_2 ємнісними вимірювальними перетворювачами 4, 5 дозволили використовувати високу точність і чутливість, характерні для диелькометричних методів вимірів і одночасно виключити вплив зовнішніх умов (температура, тиск, вологість і ін.), а також змінюючи параметрів контролюваного середовища. Крім того, вимір відносини C_1 / C_2 дозволяє підвищити чутливість вихідного електричного сигналу до зміни H , "розтягнути" шкалу виміру. Так, наприклад, для РМЭ, розробленому на базовій моделі промислового РМ-251 УЗ ДСТ 13045-67 максимальна зміна електричної ємності пари електродів $S_{\max} / S_{\min} \approx 1,5$ рази, при вимірі відносини K_C ємностей двох пар електродів вихідний сигнал змінюється до $K_{\max} / K_{\min} \approx 6$ разів

У зв'язку з тим, що частоти f_1 , інформативних сигналів кілька порядків вище частот пульсації потоку середовища і вертикальних коливань поплавця, останні враховуються у вихідних електричних сигналах Q_r , Q_s , підвищуючи точність вимірів і крім необ'єктивності й імовірності випадкових помилок при візуальній оцінці результатів вимірів оператором

Таким чином, розроблений тип пристрою може характеризуватися двома класами точності: класом точності базової моделі при візуальному зчитуванні інформації з висоти положення поплавця і більш високим класом точності при зчитуванні інформації, отриманої в результаті диелькометричних вимірювальних перетворень і представлених уніфікованим електричним сигналом

Принцип дії пристрою пояснюється тимчасовими діаграмами (фіг 5) функціонування окремих вузлів пристрою на конкретних вихідних даних, приведених у таблиці

H , см	h , см	$K_n = \frac{h_n}{H_1}$	a , см	$\tan \alpha = \frac{2}{H/a}$	$S_{\Delta} = a H / 2$, см ²	h_n , см	$K_n = \frac{h_n}{H_1}$	$S_n = a h_n$, см ²	ε_r	ε_n	$K_E = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_n}$
25,0	0 ± 25	0,1 ± 1,0	2	25	25	2,0	0,08	4	≈ 1,0	6	≈ 6

Розрахункові величини площ перекриттів пар електродів матеріалом поплавця

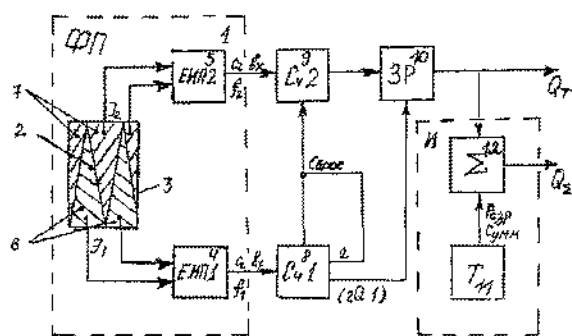
Кн	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$S_{m1} = b \cdot n \cdot a \cdot (1 - K_n)$	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4
$S_{m2} = n \cdot a \cdot K_n$	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6
$S_{m1} - K_n$	9,0	4,0	2,3	1,5	1,0	0,6	0,4	0,2	0,1

Розрахункові дані для побудови функціональних залежностей $K_c = F(K_n)$ при різних значеннях $(K_g - 1)$

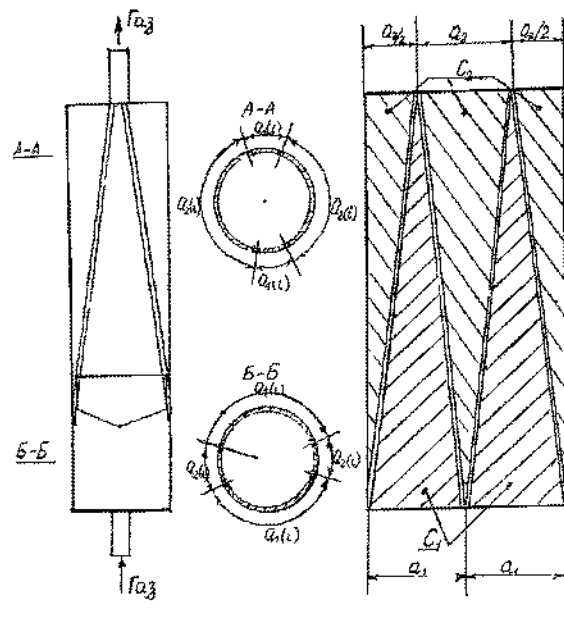
Кн	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$(K_g - 1) = 5$	1,31	1,23	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76
$(K_g - 1) = 10$	1,61	1,57	1,29	1,12	1,00	0,89	0,80	0,70	0,62
$(K_g - 1) = 20$	2,14	1,75	1,44	1,20	1,00	0,83	0,69	0,57	0,47

Джерела інформації

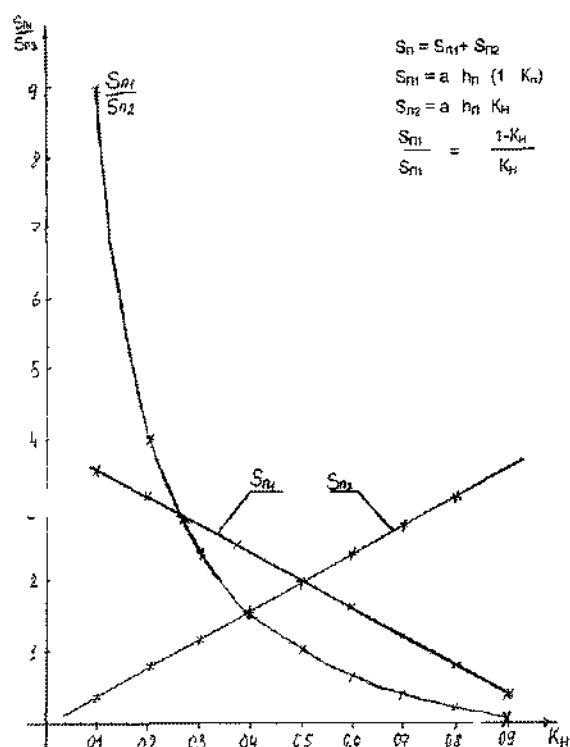
1 Ротаметр РМ ГОСТ 13045-81



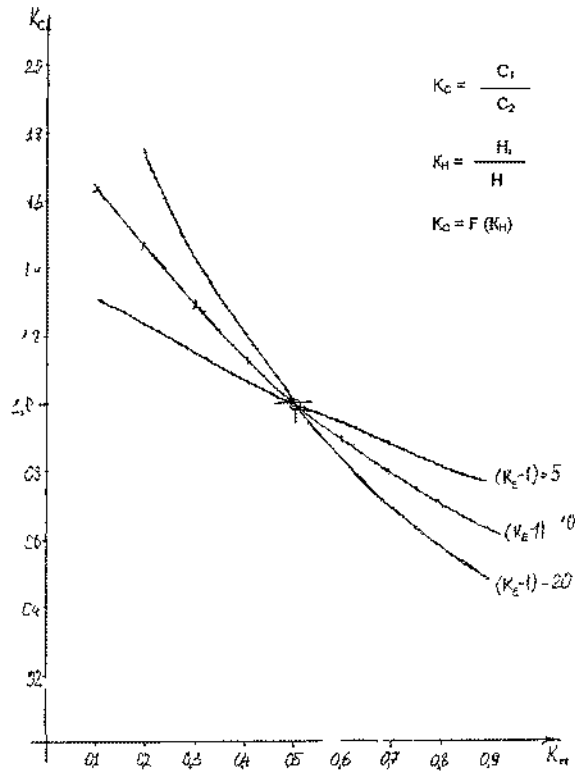
Фиг. 1 Функціональна блок-схема пристрою



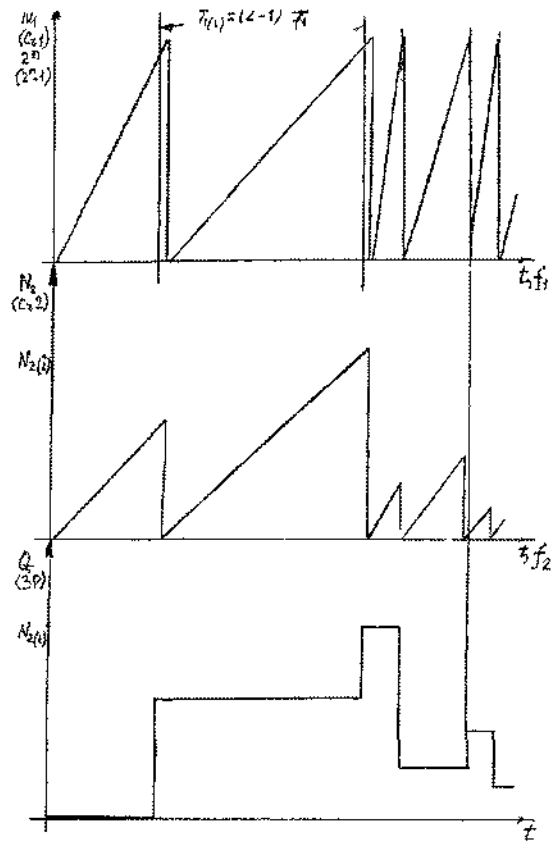
Фиг. 2 План розгорнення бічної поверхні ротаметричної трубки з електродами



Фиг. 3 Графік функціональних залежностей площ S_{n1} , S_{n2} і їхні відносні периметри і площі пар електродів матеріалом поплавця в залежності від його відносного положення K_n по висоті ротаметричної трубки



Фиг. 4 Графік функціональних залежностей відносин $K_c = 31 / 32$ електричних ємностей пар електродів від відносного подовження K_n волава по висоті ротаметричної трубки



Фиг. 5 Тимчасові діаграми формування числових значень у лічильниках C_n1, C_n2 і запам'ятовуючому регістрі $3P$

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456-20-90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216-32-71