



УКРАЇНА

(19) UA (11) 33791 (13) A

(51) 6 G01K7/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) МАТРИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

(21) 98063407

(22) 30.06.1998

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Скрипник Юрій Олексійович, Санніков Володимир Юрійович, Шинкаренко Юлія Віталіївна

(73) Державна академія легкої промисловості України

(57) Матричний вимірювач температурного поля, що містить напівпровідникові діодні датчики температури, ввімкнені в вузли електропровідної матриці з заданою кількістю рядків та стовпців, блок ключів рядків матриці, входи якого з'єднані в загальний вивід, з'єднаний з першою шиною джерела напруги, а виходи з'єднані з відповідними рядками матриці, блок ключів стовпців матриці, входи якого з'єднані в загальний вивід, з'єднаний з другою шиною джерела напруги, а виходи з'єднані з відповідними стовпцями матриці, блок ключів прямого та інверсного ввімкнення шин джерела напруги системи, який **відрізняється** тим, що в нього введені

низькоомний резистор, аналого-цифровий перетворювач, мікро-ЕОМ, цифровий індикатор, цифродруквальний пристрій та цифро-аналоговий перетворювач, блок ключів прямого та інверсного ввімкнення, виконаний у вигляді керованого двополюсного перемикача, а блоки ключів рядків та стовпців матриці виконані у вигляді цифрових мультиплексорів, при цьому виходи цифро-аналогового перетворювача через низькоомний резистор з'єднані з входами керованого двополюсного перемикача, потенціальні затискачі низькоомного резистора з'єднані з входами аналого-цифрового перетворювача, кодові виходи якого з'єднані з входом мікро-ЕОМ, перший вихід мікро-ЕОМ з'єднаний з кодовим входом цифро-аналогового перетворювача, другий та третій виходи з'єднані з керуючими входами цифрових мультиплексорів, четвертий вихід мікро-ЕОМ з'єднаний з керуючим входом двополюсного перемикача, п'ятий вихід з'єднаний з цифровим індикатором, а шостий вихід з'єднаний з цифродруквальним пристроєм.

Винахід відноситься до термометрії і може бути використаний для вимірювання та цифрової реєстрації температури в заданих точках температурного поля.

Відомий матричний вимірювач температурного поля (див. Новопашений Г. Н. Інформаційно-вимірювальні системи: Навчальний посібник. - М.: Вища школа, 1977. - С. 75-76), що містить напівпровідникові діодні датчики температури, які ввімкнені в вузли матриці з n-рядків та m-стовпців, які через ключі під'єднані до шин джерела електричної напруги, та вимірювач струму, ввімкнений послідовно з матрицею.

Вимірювання прямого струму через відкритий діод дозволяє визначити температуру в точці розміщення діода за значенням цього струму. Почергово відкриваючи діоди матриці, реєструють температуру в різних точках температурного поля, де розміщені діоди матриці.

Однак, внаслідок нестабільностей зворотного струму діодів, який визначає крутизну вольтамперної характеристики відкритого переходу, а, відповідно, і значення прямого струму, точність вимірю-

вання температури напівпровідниковими діодами одержуємо низькою.

Відомий також матричний вимірювач температурного поля за А. с. № 1374064, кл. G01K7/00, 1986, що містить напівпровідникові діодні датчики температури, ввімкнені в вузли електропровідної матриці з заданою кількістю рядків та стовпців, блок ключів рядків матриці, входи якого з'єднані в загальний вивід, з'єднаний з першою шиною джерела напруги, а виходи з'єднані з відповідними рядками матриці, блок ключів стовпців матриці, входи якого з'єднані в загальний вивід, з'єднаний з другою шиною джерела напруги, а виходи з'єднані з відповідними стовпцями матриці, блок ключів прямого та інверсного ввімкнення шин джерела напруги системи.

Крім того, матричний вимірювач містить генератор струму, з'єднаний з першою та другою струмовими шинами, та вимірювальний пристрій, ввімкнений паралельно генератору струму, виходи блоку ключів прямого й інверсного ввімкнення з'єднані з загальними виводами блоків ключів рядків та стовпців матриці.

(19) UA (11) 33791 (13) A

Замиканням відповідних ключів у вказаних блоках вмикається діодний датчик температури, розміщений в заданій точці температурного поля і під'єднаний до одного з вузлів матриці. Температура визначається за показниками вимірювання пристрою, який вимірює падіння напруги на відкритому р-п-переході напівпровідникового діода.

Ввімкнення двох діодів в вузли матриці замість одного дозволяє зменшити вплив технологічного розкиду параметрів та нестабільності характеристик діодів шляхом усереднення двох вимірювань. Але повністю виключити похибку вимірювання усередненням не можливо. Крім того, пристрій, ввімкнений паралельно генератору струму, вимірює падіння напруги не тільки на відкритому р-п-переході діода, але й падіння напруг на електродах стовпців та рядків матриці, на замкнених ключах, якщо вони виконані на напівпровідникових структурах (тріоди, інтегральні збірки та ін.), а також на об'ємних опорах відкритого діода. Оскільки сумарний опір електродів рядків та стовпців залежить від розміщення датчика в сітці матриці, то врахувати чи скоригувати похибку від падіння напруги на пасивних елементах матричної схеми неможливо.

В основу винаходу покладена задача створити такий матричний вимірювач температурного поля, в якому введення нових аналогових та аналого-цифрових елементів та зв'язків дозволило б виключити вплив зворотного струму датчиків-діодів, опору з'єднувальних дротів, об'ємного опору самих діодів та опору комутуючих елементів на результати цифрових вимірювань, що дозволяє істотно підвищити точність вимірювання в кожному вузлі матриці та чутливість до температури.

Ця задача розв'язується тим, що в матричний вимірювач температурного поля, що містить напівпровідникові діодні датчики температури, ввімкнені в вузли електропровідної матриці з заданою кількістю рядків та стовпців, блок ключів рядків матриці, входи якого з'єднані в загальний вивід, з'єднаний з першою шиною джерела напруги, а виходи з'єднані з відповідними рядками матриці, блок ключів стовпців матриці, входи якого з'єднані в загальний вивід, з'єднаний з другою шиною джерела напруги, а виходи з'єднані з відповідними стовпцями матриці, блок ключів прямого та інверсного ввімкнення шин джерела напруги системи, згідно винаходу, введені низькоомний резистор, аналого-цифровий перетворювач, мікро-ЕОМ, цифровий індикатор, цифродрукуючий пристрій та цифро-аналоговий перетворювач, блок ключів прямого та інверсного ввімкнення виконаний у вигляді керованого двополюсного перемикача, а блоки ключів рядків та стовпців матриці виконані у вигляді цифрових мультиплексорів, при цьому виходи цифро-аналогового перетворювача через низькоомний резистор з'єднані з входами керованого двополюсного перемикача, потенціальні зажимки низькоомного резистора з'єднані з входами аналого-цифрового перетворювача, кодові виходи якого з'єднані з входом мікро-ЕОМ, перший вихід мікро-ЕОМ з'єднаний з кодовим входом цифро-аналогового перетворювача, другий та третій виходи з'єднані з керуючими входами цифрових мультиплексорів, четвертий вихід мікро-ЕОМ з'єднаний з керуючим входом двополюсного перемикача,

п'ятий вихід з'єднаний з цифровим індикатором, а шостий вихід з'єднаний з цифродрукуювальним пристроєм.

Вказане введення нових елементів та блоків в схему матричного вимірювача температурного поля дозволяє в кожному вузлі матриці проводити два вимірювання тільки одного діода, що виключає вплив технологічного розкиду та несталості параметрів напівпровідникової структури датчика на точність цифрового вимірювання температури. Порівняння прямого й зворотного струмів за їх кодами в кожному вузлі матриці, зменшення прямого струму до рівня зворотного, автоматичне зрівняння кодів цих струмів та цифрове вимірювання падіння напруги на відкритому діоді при протіканні через відкритий р-п-перехід малого струму, рівного зворотному, призводить до повного виключення впливу несталого зворотного струму на код падіння напруги на відкритому р-п-переході, завдяки чому підвищується точність вимірювання температури в будь-якому вузлі матриці, отже, у всіх точках контролюваного температурного поля.

На фіг. 1 представлена структурна схема матричного вимірювача температурного поля, на фіг. 2 - блок-схема алгоритму роботи цифрової реєстрації параметрів поля.

Матричний вимірювач температурного поля містить електропровідну матрицю 1 з n -рядків та m -стовпців, $n \times m$ датчиків-діодів (1.1, 2.1, 3.1... $n.1$... $1.m$, $2.m$... $n.m$), ввімкнених в вузли матриці, цифрові мультиплексори 2 і 3, струмові шини 4 і 5, керований двополюсний перемикач 6, низькоомний резистор 7, цифро-аналоговий перетворювач 8, аналого-цифровий перетворювач 9, мікро-ЕОМ 10, цифровий індикатор 11, цифродрукуючий пристрій 12.

Виходи цифрових мультиплексорів 2 і 3 з'єднані з рядками і стовпцями матриці 1, а їх входи через токові шини 4 і 5 з'єднані з виходами керованого двополюсного перемикача 6. Виходи цифро-аналогового перетворювача 8 через низькоомний резистор 7 з'єднані з входами керованого двополюсного перемикача 6, а його кодові входи з'єднані з першим виходом мікро-ЕОМ 10. Потенціальні зажими низькоомного резистора 7 з'єднані з входом аналого-цифрового перетворювача 9, кодові виходи якого з'єднані з входом мікро-ЕОМ 10. Другий та третій виходи мікро-ЕОМ 10 з'єднані з керуючими входами цифрових мультиплексорів 2 і 3, четвертий вихід мікро-ЕОМ 10 з'єднаний з керуючим входом двополюсного перемикача 6, п'ятий вихід з'єднаний з цифровим індикатором 11, а шостий вихід з'єднаний з цифродрукуювальним пристроєм 12.

Матричний вимірювач температурного поля (фіг. 1) працює в режимі програмного управління цифровими й аналого-цифровими блоками відповідно до алгоритму, блок-схема якого зображена на фіг. 2.

Перед початком роботи системи в пам'ять мікро-ЕОМ 10 заносяться вихідні дані про датчики та апаратні засоби, про розмірність матриці (n -рядків і m -стовпців), коефіцієнт прямого α (аналого-цифрового) й зворотного β (цифро-аналогового) перетворювача, а також константи k і q вольтамперної характеристики напівпровідникових діодів (оператор 1).

Далі здійснюється опитування датчиків в вузлах матриці. Опитування починається з діода 1.1, розміщеного в першому вузлі матриці установкою каналів мультиплексорів 2 і 3 в вихідне положення ($i=1, j=1$) (оператори 3, 4). Потім двополюсний перемикачем комутатора 6 встановлюється початковий напрям струму: на шину 4 подається негативна напруга, а на шину 5 - позитивна напруга (оператор 5). При вказаній полярності діод закривається і через його р-п-перехід починає протікати зворотній струм $I_{зв}$. Зворотній струм діода мало залежить від напруги на шинах, які формуються цифро-аналоговим перетворювачем 8 за кодом $M_{зв}$ мікро-ЕОМ 10 (оператор 6, 7). Його значення в основному визначається температурою в опитуваному вузлі матриці й параметрами самого діода.

Падіння напруги на низькоомному резисторі 7 від зворотного струму перетворюється аналого-цифровим перетворювачем 9 в код N_0 , який фіксується в оперативній пам'яті мікро-ЕОМ (оператори 8, 9)

$$N_0 = \alpha R I_{зв} \quad (1)$$

де α - коефіцієнт перетворення АЦП.

Після запам'ятовування коду N_0 черговою командою ЕОМ цифро-аналоговий перетворювач 8 обнуляється, і напруга на шинах 4 і 5 зникає (оператор 10). Потім двополюсний перемикач 6 переводиться в протилежне положення, і на шину 4 починає поступати позитивна напруга, а на шину 5 - негативна напруга (оператор 11). На кодові входи аналого-цифрового перетворювача 8 починає поступати ступенево-зростаючий код M_L з дискретністю ΔM , під дією якого вихідна напруга U поступово зростає (оператор 12). Діод 1.1 починає відкриватися, і через його р-п-перехід починає протікати зростаючий прямий струм

$$I_{пр} = I_{зв} \left[\exp(q/kT) * (U - I_{пр} R) - 1 \right] \quad (2)$$

де U - падіння напруги на відкритому переході;

$I_{пр}$ - прямий струм;

$I_{зв}$ - зворотній струм;

R - сумарний опір з'єднувальних дрітків пасивної частини напівпровідникової структури діода і перехідних опорних контактів ключів мультиплексорів;

q - заряд електрона;

k - стала Больцмана.

Падіння напруги на резисторі 7 від прямого струму $I_{пр}$ перетворюється аналого-цифровим перетворювачем 9 в код N_L (оператор 13)

$$N_L = \alpha R I_{пр} \quad (3)$$

який в мікро-ЕОМ порівнюється з кодом падіння напруги від зворотного струму (оператор 14).

Якщо коди не однакові ($N_L < N_0$), то ЕОМ за програмою продовжує формувати зростаючий код M_L , який поступає на цифро-аналоговий перетворювач 8 (оператори 15, 16). При черговому порівнянні коди порівнюваних струмів зрівнюються ($N_L = N_0$), і відповідний код напруги M_L фіксується в пам'яті ЕОМ (оператор 17).

У випадку рівності струму ($I_{пр} = I_{зв}$), а отже відповідно кодів ($N_L = N_0$), із співвідношення (2) отримуємо

$$\left[\exp(q/kT) * (U - I_{пр} R) - 1 \right] = 1 \quad (4)$$

Якщо прологарифмувати отриманий вираз і розв'язати його відносно падіння напруги на переході діода, то отримаємо

$$U = (kT/q) * \ln 2 + I_{пр} R \quad (5)$$

При малому струмі через відкритий діод його опір $R_{пр}$ великий і при подальшому зменшенні струму наближається до значення до опору закритого діода. При прямому струмі, рівному зворотному, опір р-п-переходу зростає до сотень кОм. тому сумарним опором R в порівнянні з опором переходу можна знехтувати ($R \ll R_{пр}$). Тоді можна вважати, що падіння напруги на "привідчиному" р-п-переході діода дорівнює вихідній напрузі цифро-аналогового перетворювача 8

$$U = (kT/q) * \ln 2 \quad (6)$$

Враховуючи, що напруга на виході ЦАП 8 зв'язана з його кодом співвідношенням

$$U = \beta M_L \quad (7)$$

де β - коефіцієнт перетворювача ЦАП 8, отримуємо

$$\beta M_L = [(kT)/q] * \ln 2 \quad (8)$$

Тоді вимірювана температура в даній точці температурного поля обчислюється за формулою

$$T = \beta M_L * [q / (k \ln 2)] \quad (9)$$

або

$$T = M_L * S \quad (10)$$

де $S = \beta * [q / (k \ln 2)]$ - чутливість діодного матричного вимірювача, який заноситься в пам'ять ЕОМ 10 (оператор 2).

За кодом напруги M_L , яка зберігається в пам'яті мікро-ЕОМ 10, обчислюється температура в градусах Кельвіна або Цельсія (оператор 18). Результат обчислення поступає на цифровий індикатор 11 і цифродрукуючий 12 (оператори 19, 20).

Далі відбувається послідовне опитування вузлів матриці. Керування мультиплексорами 2 і 3 і перемикачем 6 здійснюється безпосередньо від мікро-ЕОМ 10. Для переходу в другий вузол матриці мультиплексор 2 перемикається на другий стовпець ($i=2$), а мультиплексор 3 залишається в попередньому положенні ($j=1$).

Після перебору всіх стовпців матриці в першому рядку ($i=m$) (оператори 21, 22) через оператор порівняння 23 відбувається збільшення номера рядка ($j=j+1$) і установка першого стовпця мультиплексором 2 (оператор 24). Мультиплексор 3 під'єднує другу строку матриці з послідовним перебором всіх стовпців матриці мультиплексором 2 в цьому рядку ($i=m$). Далі мультиплексор 3 перемикається на третій рядок і т. д. до перебору всіх строк ($j=n$) (оператори 25, 26).

Після закінчення циклу зміни аналого-цифровий 9 і цифро-аналоговий 8 перетворювачі обнуляються (оператор 27), перемикач 6 встановлюється в вихідне положення, мультиплексори 2 і 3 під'єднують перший вузол матриці, і процес вимірювання температури повторюється до тих пір,

поки не поступить сигнал "кінець вимірювання" (оператори 28, 29). При цьому на цифродрукувальному пристрої 12 реєструється температура контрольованого поля у всіх вузлах матриці.

Чуттєвість р-п-переходу діода до температури T визначається значенням температурного коефіцієнта напруги (ТКН), який залежить від струму переходу. Найбільше значення ТКН має місце при малих струмах. Тому автоматичне встановлення прямого струму через відкритий перехід рівним зворотному ($I_{пр}=I_{зв}$) дозволяє реалізувати найвищу чуттєвість напівпровідникового датчика-діода, а тому, високу дозволяючу здатність до рельєфу температурного поля.

Крім того, вказана рівність струму повністю виключає вплив нестабільності зворотного струму, як основного параметра напівпровідникового діода,

на точність вимірювання температури у всіх точках контрольованого поля.

Робота датчика-діода у високоомному режимі ($R \ll R_{пр}$) зменшує вплив з'єднувальних дротів на результат вимірювання і робить пропонований вимірювач нечутливим до розмірності матриці.

Дослідження показали, що германієві діоди типу Д9К без відбору на ідентичність параметрів за зворотнім струмом забезпечують вимірювання температур в діапазоні $+15...+150^{\circ}\text{C}$ матрицею в розмірності 5×5 з похибкою не більше $0,1\text{ K}$. При цьому заміна діодів, зміна розмірності матриці в сторону її збільшення не змінюють результатів вимірювань в вузлах матриці більше ніж на $\pm 0,05\text{ K}$ за чутливості до температури на рівні $0,01\text{ K}$. Час вимірювання в кожній точці температурного поля не перевищує 3 с .

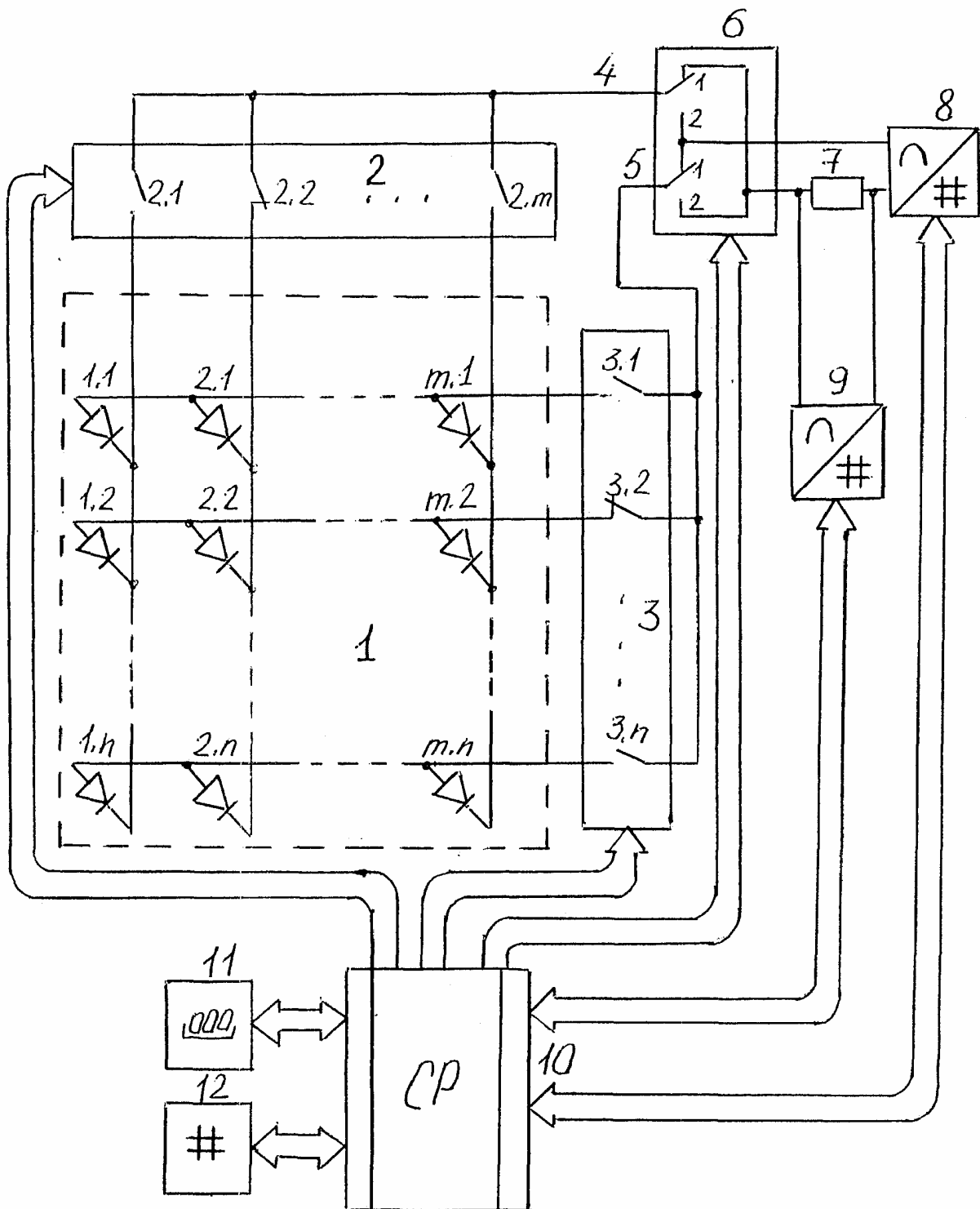
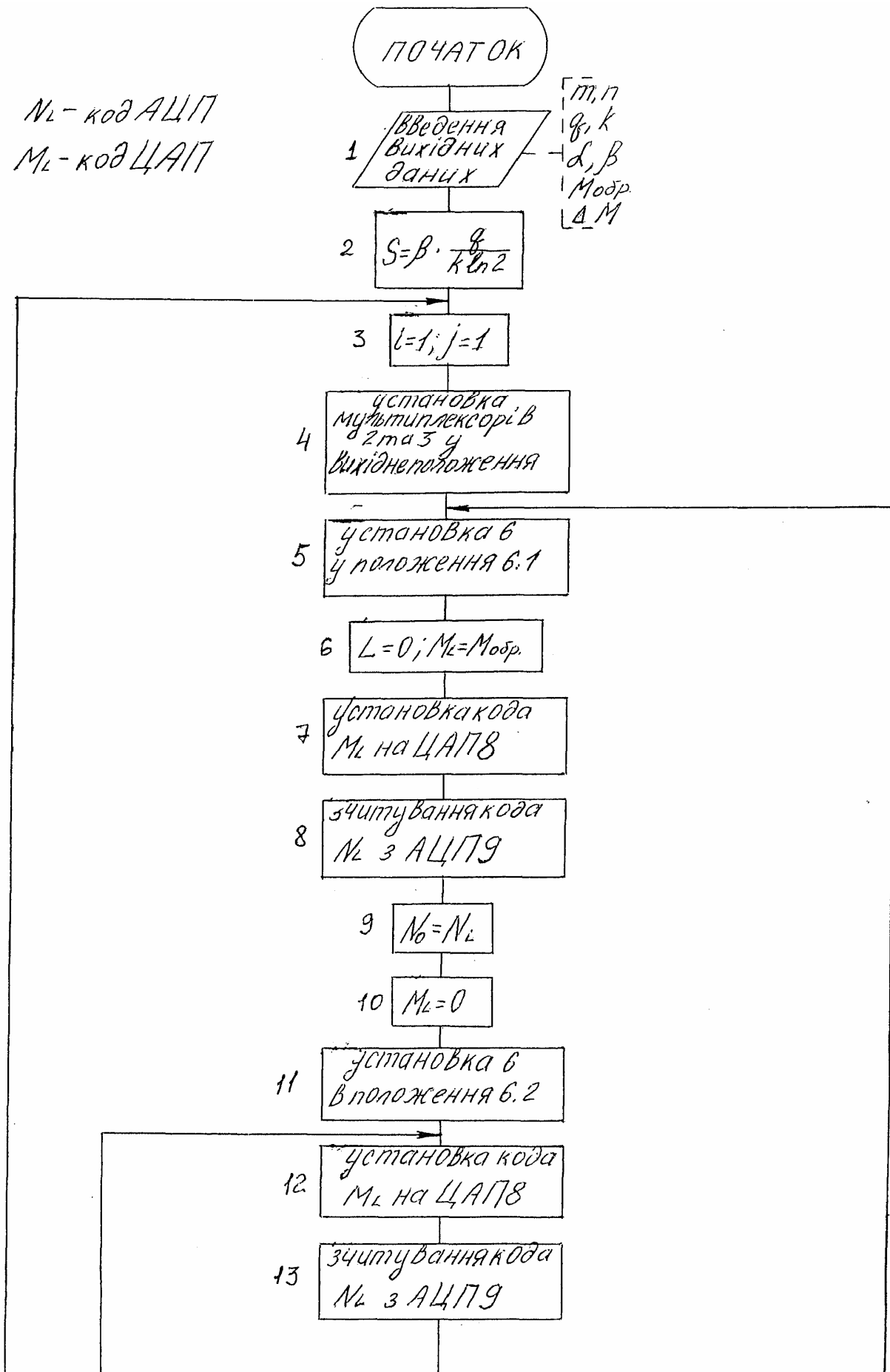
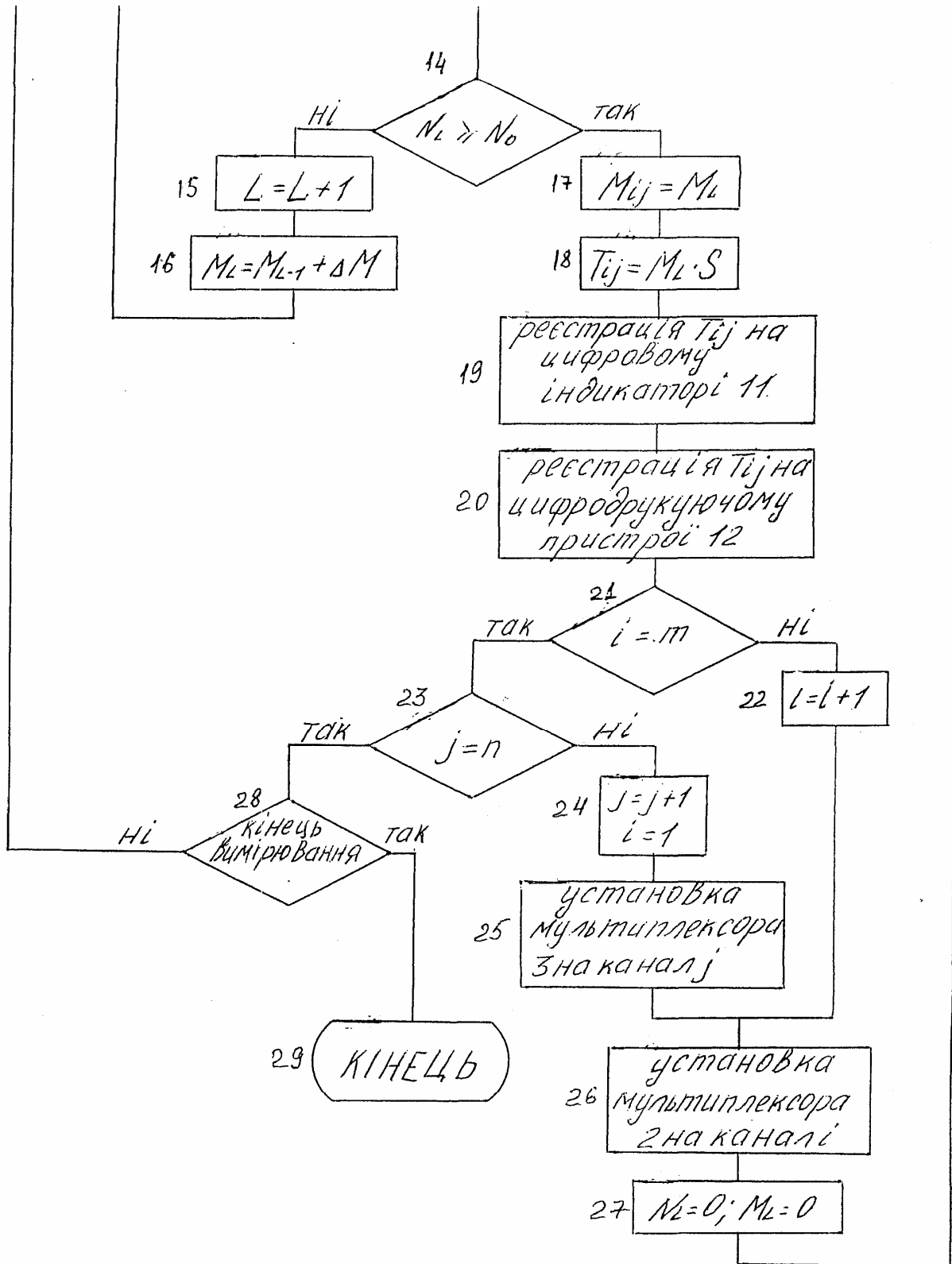


Fig. 1

N_L - код АЦП
 M_L - код ЦАП





Фіг. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
