



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 45745

(13) A

(51) 6 G01N27/407

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ КИСНЮ В ГАЗАХ

1

2

(21) 2001064270

(22) 19 08 2001

(24) 15 04 2002

(46) 15 04 2002, Бюл. № 4, 2002 р.

(72) Василенко В'талій Степанович, Дашковський  
Олександр Анастасійович, Кривошей Валерій  
Іванович, Цокало Володимир Федорович

(73) АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "УКРАНАЛІТ"

(57) Пристрій для вимірювання концентрації кисню  
в газах, який включає твердоелектролітний чутливий  
елемент з металевими електродами, що вико-  
нує функцію датчика температури терморегулято-  
ра та однієї із ланок невідновленого мосту  
змінного струму, виводи діагоналі живлення якого  
з'єднані з виходом генератора робочої частоти,  
виводи діагоналі вихідного сигналу - з входом  
першого підсилювача, генератор трикутних  
імпульсів, вихід якого підключений до одного з  
входів першого компаратора, а також вузолвимірювання, зв'язаний з металевими електрода-  
ми твердоелектролітного чутливого елемента,  
комутатор, силовий ланцюг якого через нагрівач  
з'єднаний з виводами, для підключення напруги  
живлення, а один із керуючих входів з'єднаний з  
виходом першого компаратора, компенсаційний  
елемент, вхідними виводами зв'язаний з виводами  
для підключення напруги живлення, другий компа-  
ратор та електронний ключ, який відрізняється  
тим, що в нього введені замість електронного ключа  
другий підсилювач і додатково датчик температу-  
ри перегріву, крім цього, вихідний вивід компен-  
саційного елемента підключений до додаткового  
керуючого входу першого підсилювача, вихід якого  
безпосередньо з'єднаний з другим входом першо-  
го компаратора, а вихід датчика температури пе-  
регріву через послідовно з'єднані другий  
підсилювач та другий компаратор сполучений з  
другим керуючим входом комутатора

Винахід відноситься до галузі газоаналітично-  
го приладобудування і може бути використаний  
для вимірювання концентрації кисню в газах

Відомі пристрої, що застосовуються для вимі-  
рювання концентрації кисню в газах

Один із відомих пристроїв для вимірювання  
концентрації кисню в газах (див патент Велико-  
британії №1313508 кл G01N 27/46 1973) містить в  
собі твердоелектролітний чутливий елемент з елек-  
тродами, а також датчик температури та регуля-  
тор температури. Суттєвими недоліками даного  
пристрою є висока похибка, оскільки регулюється  
температура не твердоелектролітного чутливого  
елементу, а термочутливого елемента, який явля-  
ється датчиком температури, а також низька надій-  
ність в зв'язку з наявністю двох термочутливих  
елементів

В другому відомому пристрою для вимірюван-  
ня концентрації кисню в газах (див авт св СРСР  
№636521, кл G01N 27/46 1978), який складається  
з твердоелектролітного чутливого елемента з елек-  
тродами та регулятора температури, значно зме-  
ншена похибка вимірювання і підвищена надій-  
ність роботи шляхом введення в регулятор

температури мосту змінного струму функцію одно-  
ланки якого виконує твердоелектролітний чутливий  
елемент - датчик температури. Недоліками  
відомого пристрою є невисока точність вимірю-  
вання та малий ресурс роботи. Причиною недо-  
лків є можливість появи мікросхлин у твердому  
електроліті внаслідок постачання на нагрівач в  
період виходу на робочий режим максимальної  
потужності від джерела живлення

Третій із відомих пристроїв для вимірювання  
концентрації кисню в газах (див авт св СРСР  
№1056034, кл G01N 27/46, 1983), який включає  
твердоелектролітний чутливий елемент з металевими  
электродами, що виконує функцію датчика  
температури терморегулятора та однієї із ланок  
невідновленого мосту змінного струму, генера-  
тор робочої частоти, підсилювач, мулти vibrator,  
комутатор, нагрівач, та вимірювальний прилад,  
володіє більш високою точністю та ха-  
рактеризується значно більшим ресурсом роботи  
оскільки суттєво зменшена ймовірність появи мік-  
росхлин у твердому електроліті за рахунок забез-  
печення поступового підвищення подачі на нагрівач  
потужності нагріву. Суттєвими недоліками

(13) A

(11) 45745

(19) UA

пристрою є низька точність вимірювання та недостатньо високі експлуатаційні характеристики. Низька точність вимірювання пояснюється значним впливом коливань напруги мережі живлення на величину робочої температури твердоелектролітного чутливого елементу. Обмежені експлуатаційні характеристики пояснюються великим проміжком часу виходу пристрою на робочий режим.

З відомих пристроїв для вимірювання концентрації кисню в газах більш близьким за технічною суттю й прийнятим за прототип (див. авт. св. СРСР №1259172, кл. G01N 27/46 1985) є пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах, який включає твердоелектролітний чутливий елемент з металевими електродами, що виконує функцію датчика температури терморегулятора та однієї із ланок невідновлюваного мосту змінного струму, виводи діагоналі живлення якого з'єднані з виходом генератора робочої частоти, виводи діагоналі вихідного сигналу - з входом першого підсилювача, генератор трикутних імпульсів, вихід якого підключений до одного із входів першого компаратора, а також вузол вимірювання, зв'язаний з металевими електродами твердоелектролітного чутливого елементу, комутатор, силовий ланцюг якого через нагрівач з'єднаний з виводами для підключення напруги живлення, а один із керуючих входів з'єднаний з виходом першого компаратора, компенсаційний елемент, вхідними виводами зв'язаний з виводами для підключення напруги живлення, другий компаратор та електронний ключ.

Відомий пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах володіє більш високою точністю вимірювання, підвищеним ресурсом роботи та покращеними експлуатаційними характеристиками. Точність вимірювання підвищена шляхом зменшення впливу за допомогою компенсаційного елементу коливань напруги живлення на величину робочої температури. Підвищення ресурсу роботи та покращення експлуатаційних характеристик досягнуто тим, що на першому етапі нагріву на нагрівач подається половина потужності мережі живлення і цим зменшується ймовірність виникнення теплового удару твердоелектролітного чутливого елементу і як наслідок появи у ньому мікротріщин, а на другому етапі на нагрівач подається максимальна потужність мережі живлення і цим забезпечується подальший швидкий нагрів до робочої температури та зменшення часу виходу пристрою на третій робочий режим.

Однак, суттєвими недоліками відомого пристрою є складність схемного і технічного рішення, складність налагодження та експлуатації, що пояснюється необхідністю забезпечення трьох етапів виходу на робочий режим, а також великим проміжком часу виходу на режим включення ланцюга зворотнього зв'язку терморегулятора, понижені надійність та ресурс роботи в зв'язку з можливим значним перегрівом нагрівача та виходом його з ладу у випадках аварійних ситуацій, недостатньо висока точність вимірювання, що пояснюється невисокою ефективністю роботи компенсаційного елемента.

В основу винаходу поставлена задача створення пристрою для вимірювання концентрації кисню в газах, в якому шляхом організації високо-

ефективного режиму роботи терморегулятора, виключенням можливості перегріву нагрівача в аварійних ситуаціях, а також підвищенням ефективності роботи компенсаційного елемента значно спрощені процеси налагодження та експлуатації, підвищені надійність та ресурс роботи, підвищена точність вимірювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах, який включає твердоелектролітний чутливий елемент з металевими електродами, що виконує функцію датчика температури терморегулятора та однієї із ланок невідновлюваного мосту змінного струму, виводи діагоналі живлення якого з'єднані з виходом генератора робочої частоти, виводи діагоналі вихідного сигналу - з входом першого підсилювача, генератор трикутних імпульсів, вихід якого підключений до одного із входів першого компаратора, а також вузол вимірювання, зв'язаний з металевими електродами твердоелектролітного чутливого елементу, комутатор, силовий ланцюг якого через нагрівач з'єднаний з виводами для підключення напруги живлення, а один із керуючих входів з'єднаний з виходом першого компаратора, компенсаційний елемент, вхідними виводами зв'язаний з виводами для підключення напруги живлення, другий компаратор та електронний ключ, введені замість електронного ключа другий підсилювач і додатково датчик температури перегріву, крім цього вихідний вивід компенсаційного елемента підключений до додаткового керуючого входу першого підсилювача, вихід якого безпосередньо з'єднаний з другим входом першого компаратора, а вихід датчика температури перегріву через послідовно з'єднані другий підсилювач та другий компаратор сполучений з другим керуючим входом комутатора.

Нагрів твердоелектролітного чутливого елемента складається з двох етапів. На першому етапі на нагрівач напруга живлення надходить безперервно, що забезпечує достатньо швидкий нагрів твердоелектролітного чутливого елемента до проміжної температури. На другому етапі нагріву в робочий режим входить ланцюг зворотнього зв'язку, і напруга живлення на нагрівач надходить з переривчастістю, яка визначається шпаруватістю роботи першого компаратора. Під впливом ланцюга зворотнього зв'язку шпаруватість надходження напруги живлення на нагрівач поступово збільшується, що забезпечує подальший менш швидкий підігрів твердоелектролітного чутливого елемента до робочої температури та перехід на режим автоматичного підтримування робочої температури. У випадках виникнення аварійних ситуацій, які можуть привести до суттєвого підвищення температури нагрівача, під впливом сигналу датчика температури перегріву спрацьовує другий компаратор, і терморегулятор автоматично переходить на режим обмеження температури нагрівача на допустимому рівні. При зміні напруги живлення ефективність роботи компенсаційного елемента підвищується, оскільки вплив сигналу на роботу першого компаратора здійснюється через перший підсилювач.

На фіг. 1 показана функціональна схема запропонованого пристрою для вимірювання конче-

нтрації кисню в газах, на фіг 2 діаграми напруг, що пояснюють його роботу

Запропонований пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах містить в собі твердоелектролітний чутливий елемент 1, металеві електроди 2, генератор 3 робочої частоти, перший підсилювач 4, генератор 5 трикутних імпульсів, перший компаратор 6, комутатор 7, нагрівач 8, виводи 9, 10, для підключення напруги живлення, компенсаційний елемент 11, резистори 12, 13, 14 невідновженого мосту змінного струму, датчик 15 температури перегріву, другий підсилювач 16, другий компаратор 17 та вузол 18 вимірювання

Виводи діагоналі живлення невідновженого мосту змінного струму, ланки якого створені резисторами 12, 13, 14 та твердоелектролітним чутливим елементом 1 з електродами 2, з'єднані з вихідними виводами генератора 3 робочої частоти, виводи діагоналі вихідного сигналу - з вхідними виводами першого підсилювача 4, вихід якого підключений до одного із входів першого компаратора 6. До другого входу першого компаратора 6 підключений вихід генератора 5 трикутних імпульсів, а до його виходу - один із керуючих входів комутатора 7. Один із силових виводів комутатора 7 безпосередньо, а другий через нагрівач 8, сполучені з виводами 9, 10 для підключення напруги живлення. Компенсаційний елемент 11 вхідними виводами з'єднаний виводами 9, 10 для підключення напруги живлення, а вихідним - з додатковим керуючим входом першого підсилювача 4. Вихід датчика 15 температури через послідовно з'єднані другий підсилювач 16 та другий компаратор 17 зв'язаний з другим керуючим входом комутатора 7, а вхід вузла 18 вимірювання з'єднаний з металевими електродами 2.

Пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах працює наступним чином

Вихідна напруга генератора 3 робочої частоти надходить на невідновженого мосту змінного струму, резистор 14 якого забезпечує встановлення робочої температури твердоелектролітного чутливого елемента 1. В початковий момент при включенні пристрою максимальна напруга розбалансу мосту, яка пропорційна електричному опору твердоелектролітного чутливого елемента 1, з діагоналі невідновженого мосту змінного струму подається на вхід першого підсилювача 4. Підсилений сигнал з виходу першого підсилювача 4 надходить на один із входів першого компаратора 6, на його другий вхід подається сигнал з виходу генератора 5 трикутних імпульсів. Оскільки в початковий момент вихідна напруга першого підсилювача 4 ( $U_{4a}$ , Фіг 2) має значно більшу величину в порівнянні з вихідною напругою генератора 5 трикутних імпульсів ( $U_5$ , Фіг 2), на виході першого компаратора 6 формується позитивна напруга ( $U_{6a}$ , Фіг 2), яка утворює провідний режим роботи комутатора 7 та початок першого етапу нагріву твердоелектролітного чутливого елемента 1, в якому через комутатор 7 напруга живлення на нагрівач 8 ( $U_{8a}$ , Фіг 2) надходить безперервно, що забезпечує достатньо швидкий нагрів твердоелектролітного чутливого елемента 1 до проміжної температури. Внаслідок певного значення теплоємності твердоелектролітного чутливого елемента 1

швидкість його нагріву, особливо на початку нагріву, значно менша в порівнянні з швидкістю нагріву нагрівача 8, що виключає можливість виникнення теплового удару, який може привести до появи в ньому мікроскопичних і цим самим суттєво знизити точність вимірювання. Оскільки величина електричного опору твердоелектролітного чутливого елемента 1 обернено пропорційна температурі його нагріву, з підвищенням температури нагріву зменшується напруга розбалансу невідновженого мосту змінного струму, зменшується і вихідна напруга першого підсилювача 4 ( $U_{4b}$ , Фіг 2). При досягненні температури нагріву свого проміжного значення, вихідна напруга першого підсилювача 4 ( $U_{4c}$ , Фіг 2) знижується до величини амплітудного значення вихідної напруги генератора 5 трикутних імпульсів ( $U_5$ , Фіг 2), після чого починається другий етап нагріву твердоелектролітного чутливого елемента 1. На другому етапі нагріву в робочий режим входить ланцюг зворотнього зв'язку, і напруга живлення на нагрівач 8 надходить з переривистістю, яка визначається шпаруватістю роботи першого компаратора 6. Під впливом ланцюга зворотнього зв'язку шпаруватість напруги, яка надходить на нагрівач 8, поступово збільшується, що забезпечує подальший менш швидкий підігрів твердоелектролітного чутливого елемента 1 до робочої температури та перехід на режим автоматичного підтримання робочої температури. Так, в проміжний момент часу другого етапу нагріву, коли вихідна напруга першого підсилювача 4 зменшується до величини  $U_{4d}$  (Фіг 2), шпаруватість вихідної напруги першого компаратора 6 ( $U_{6b}$ , Фіг 2) має величину  $(t_6 - t_2)/(t_5 - t_3)$ , ( $U_{4b}$ , Фіг 2), а напруга живлення на нагрівач 8 надходить з переривистістю  $(t_2 - t_3)$ ,  $U_{8b}$  (Фіг 2), яка визначається величиною шпаруватості вихідної напруги першого компаратора 6. При нагріві твердоелектролітного чутливого елемента 1 до робочої температури (600 - 1000)°C настає баланс невідновженого мосту змінного струму, і починається режим автоматичного підтримання робочої температури. В цей момент вихідна напруга першого підсилювача 4 стає ще меншою та має розрахункову величину  $U_{4e}$  (Фіг 2), а шпаруватість вихідної напруги першого компаратора 6 ( $U_{6c}$ , Фіг 2), та напруги що надходить на нагрівач 8 ( $U_{8c}$ , Фіг 2), стає більшою і має розрахункову величину  $(t_5 - t_1)/(t_5 - t_4)$  (Фіг 2). В подальшому робоча температура твердоелектролітного чутливого елемента 1 при впливі різних температурних факторів підтримується на заданому рівні за рахунок відповідної зміни шпаруватості роботи нагрівача 8 під впливом вихідного сигналу першого підсилювача 4 ланцюга зворотнього зв'язку. Наприклад, при зменшенні робочої температури твердоелектролітного чутливого елемента 1, збільшується напруга розбалансу невідновженого мосту змінного струму, збільшується вихідна напруга першого підсилювача 4, зменшується відповідно шпаруватість вихідної напруги першого компаратора 6, та напруги живлення, що поступає на нагрівач 8. В результаті збільшується потужність нагріву нагрівача 8, а температура нагріву твердоелектролітного чутливого елемента 1 підвищується до своєї заданої робочої величини, при якій знову настає баланс невідновженого

мосту змінного струму. У випадку підвищення температури нагріву твердоелектролітного чутливого елементу 1 в порівнянні з заданою робочою величиною ланцюг зворотного зв'язку працює в зворотному порядку. Таким чином, в пристрої забезпечується автоматична підтримка робочої температури твердоелектролітного чутливого елементу 1 постійною в межах  $\pm 5^\circ\text{C}$ , що мінімізує температурну похибку вимірювання концентрації кисню в газах.

Оскільки ланцюг зворотного зв'язку не встигає відпрацьовувати короткі стрибки напруги живлення і температура нагріву твердоелектролітного чутливого елементу 1 може вийти із допустимих меж, для зниження похибки вимірювання при великих стрибках напруги живлення в схемі пристрою передбачений компенсаційний елемент 11. Його зв'язок з додатковим входом першого підсилювача 4 підвищує ефективність роботи та точність вимірювання, внаслідок чого перший компаратор 6 отримує значно більший сигнал з виходу першого підсилювача 4, що призводить до більш швидкої зміни шпаруватості напруги живлення, яка поступає на нагрівач 8. Тобто, нагрівач 8 в моменти стрибків напруги живлення одночасно одержує еквівалентну компенсаційну потужність, яка забезпечує постійність робочої температури твердоелектролітного чутливого елементу 1.

У випадках, коли з причин виходу із ладу елементів та вузлів пристрою або при перехідних процесах багаторазових включень виникає перегрів нагрівача 8 до заданої допустимої температури, включається в роботу датчик 15 температури перегріву, і на його виході з'являється сигнал перегріву, який підсилюється за допомогою другого підсилювача 16 та поступає на вхід другого компаратора 17. Під впливом вихідного сигналу другого підсилювача 16 спрацьовує другий компаратор 17 і переводить комутатор 7 в режим підтримання допустимої підвищеної температури нагрівача 8, що викликає подальший перегрів нагрівача та вихід його з ладу. Якщо підвищення температури нагрівача 8 пов'язане з перехідними процесами в мережі живлення або великими стрибками напруги живлення, то при припиненні цих процесів температура нагріву нагрівача 8 зменшується до робочої величини, і пристрій продовжує працювати в нормальному режимі. У випадках виходу з ладу елементів або вузлів пристрою потрібен їх ремонт та заміна, при цьому, температура нагрівача 8 підтримується на допустимому рівні, ремонтні роботи можуть проводитись без вимикання приладу, що значно спрощує експлуатацію пристрою та суттєво знижує його вартість.

На електродах 2 твердоелектролітного чутливого елементу 1, нагрітого до робочої температури, наводиться електрорушійна сила, яка вимірюється за допомогою вузла 18 вимірювання. Величина електрорушійної сили визначає рівень концентрації кисню в газах.

Основні розрахункові співвідношення вихідних параметрів елементів пристрою:

- для забезпечення високої точності роботи ланцюга зворотного зв'язку терморегулятора частота трикутних імпульсів генератора 5 повинна бути в 10-20 разів меншою ніж частота напруги живлення ( $F_{u_{\text{га}}}/F_{u_5}=10-20$ , Фіг 2),

- шпаруватість вихідної напруги першого компаратора 6 ( $U_{6c}$ ) при номінальному значенні напруги живлення і балансі невірноваженого мосту змінного струму повинна мати величину близьку до  $(t_5 - t_1)/(t_5 - t_4)=2,0$ , Фіг 2),

- вихідна напруга першого підсилювача 4 ( $U_{4e}$ ) при номінальному значенні напруги живлення і балансі невірноваженого мосту змінного струму повинна мати величину в декілька разів меншу від максимальної величини вихідної напруги генератора 5 трикутних імпульсів ( $U_5$ , Фіг 2). Таким чином одержаний пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах, що вонодіє.

1. Простотою схемного та технічного виконання, простотою налагодження та експлуатації завдяки організації високоефективного режиму нагріву твердоелектролітного чутливого елементу 1, який залякується в швидкому нагріві на першому етапі та короткому проміжку часу виходу на другий етап нагріву, коли в роботу включається ланцюг зворотного зв'язку, що заздалегідь дає інформацію про нормальний процес нагріву, та забезпечує подальший поступовий підігрів твердоелектролітного чутливого елементу 1 до робочої температури,

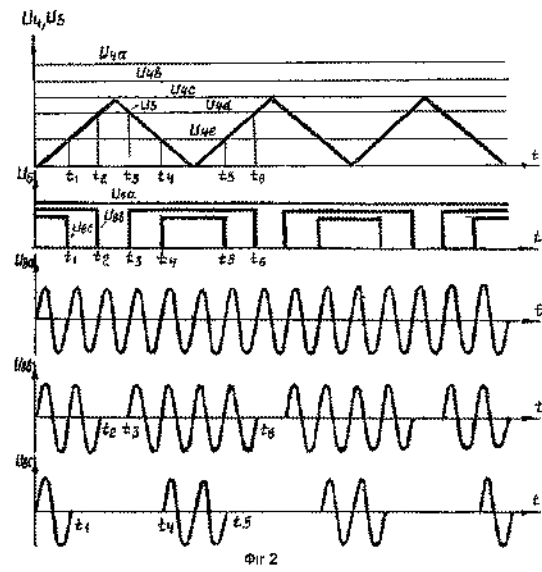
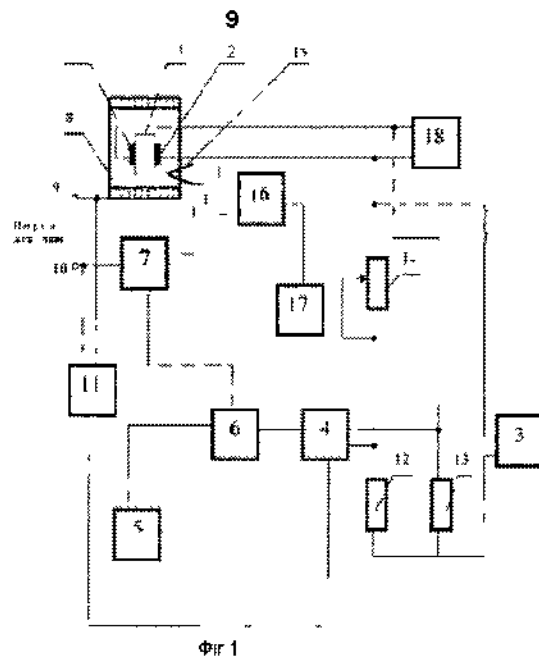
2. Підвищеними надійністю та ресурсом роботи, з меншими витратами на експлуатацію та ремонт, оскільки повністю виключена можливість перегріву нагрівача і виходу його з ладу у випадках відмови елементів ланцюга зворотного зв'язку та забезпечена можливість проведення ремонтних робіт без вимикання пристрою,

3. Підвищеною точністю вимірювання при великих стрибках напруги живлення завдяки більш ефективній роботі компенсаційного елемента, при якій нагрівач 8 одночасно одержує еквівалентну компенсаційну потужність нагріву.

Слід відзначити, що наведені переваги запропонованого пристрою для вимірювання концентрації кисню в газах в порівнянні з прототипом досягнуті за рахунок збільшення виконуючих функцій його елементів без суттєвого ускладнення схеми.

Експериментальні дослідження підтвердили працездатність і позитивні якості запропонованого пристрою для вимірювання концентрації кисню в газах.

Запропоноване технічне рішення використане при розробці газоаналізатора кисню 151ЭХ02. Очікуваний економічний ефект від впровадження приладу 151ЭХ02 в різних галузях народного господарства, наприклад теплоенергетиці, може скласти 5-7% від витрат палива в рік.



ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сім'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