

надр як інструмент залучення інвестицій у геологічне вивчення надр та їхню промислову експлуатацію. Для цього місцевим органам державного управління доцільно створити нормативну базу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Мінеральні ресурси України та світу на 01.0102008 р.: Науково-інформаційне видання. *Ю. І. Третьяков, А. Г. Субботін, Г. В. Полуніна* та ін. // ДНВП «Геоінформ України». – К., 2009. – 602 с.

2. *Гурський Д. С.* Концептуальні засади державної мінерально-сировинної політики щодо використання стратегічно важливих для економіки країни корисних копалин. – Львів: ЗУКУ,

2008. – 192 с.

3. *Малюк Б. І., Бобров О. Б., Красножон М. Д.* Надрокористування у країнах Європи і Америки: Довідкове видання. – К.: Географіка, 2003. – 197 с. : іл. 90. – Бібліогр: С. 196 – 197.

4. Ресурси геологічного середовища і екологічна безпека техноприродних геосистем: Монографія / За ред. *Г. І. Рудька*. – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2006. – 489 с.: іл.

5. *Коржнев М. М., Михайлов В. А., Плотников О. В.* Ця нова «стара наука» – економічна геологія // *Геолог України*. – 2004. – № 4. – С.18 – 22.

6. *Ковалев В. В.* Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 512 с.

УДК 531.717.521

## УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ПОЛОЖЕННЯ

### І ОБЛІКУ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ

### ГЕНЕРАТОРА НА САМОЗБУДЖЕННІ



**О. Й. Рішан**, канд. техн. наук,  
**С. В. Романчук**

**Вступ.** Автоматизація відділень у харчовій промисловості потребує контролю положення й обліку рухомих об'єктів у газовому середовищі за допомогою безконтактних (як більш надійних) методів в умовах наявності різних збурень у цьому середовищі (градієнтів температури і швидкості руху середовища, зміна вологості і наявність пилу). До таких методів належать оптичні, радіоізотопні, рентгенівські тощо.

**Аналіз методів фіксації об'єкта.** Перспективним є використання ультразвукового методу з утворенням ультразвукового променя між випромінювачем і приймачем, який перебивається рухомих об'єктом [1]. Під час застосування методу внаслідок постійних коливань генератора і приймача, на них не відбувається нашарування пилу чи вологи, що підвищує надійність фіксації рухомого об'єкта в порівнянні з перерахованими методами. З метою підвищення ефективності методу розроблено пристрій безперервного випромінювання ультразвукових коливань на самозбудженні з позитивним зворотним зв'язком і одночасним глибоким від'ємним зворотним зв'язком стабілізації напруги збудження випро-

мінювача (рис. 1).

**Мета статті** – створення ультразвукового пристрою контролю положення й обліку рухомих об'єктів з використанням генератора на самозбудженні.

**Виклад основного матеріалу.** Пристрій включає в себе ідентичні п'єзокерамічні випромінювач і приймач (використана п'єзокераміка ЦТС–19), акустичний промінь між якими перебивається об'єктом.

Для збудження ультразвукових коливань між випромінювачем і приймачем створено ультразвуковий генератор з позитивним зворотним зв'язком через простір, в якому збуджуються ультразвукові коливання і в якому має знаходитись об'єкт контролю. Цей генератор включає в себе блок АРП (автоматичного регулювання підсилення) на польовому транзисторі; два каскади підсилення змінного струму і підсилювач за потужністю з вихідним трансформатором Тр. Названі підсилювачі виконані на інтегральних мікросхемах, що не інвертують фазу, завдяки чому забезпечується нульовий загальний зсув фаз генератора. При цьому вторинна обмотка

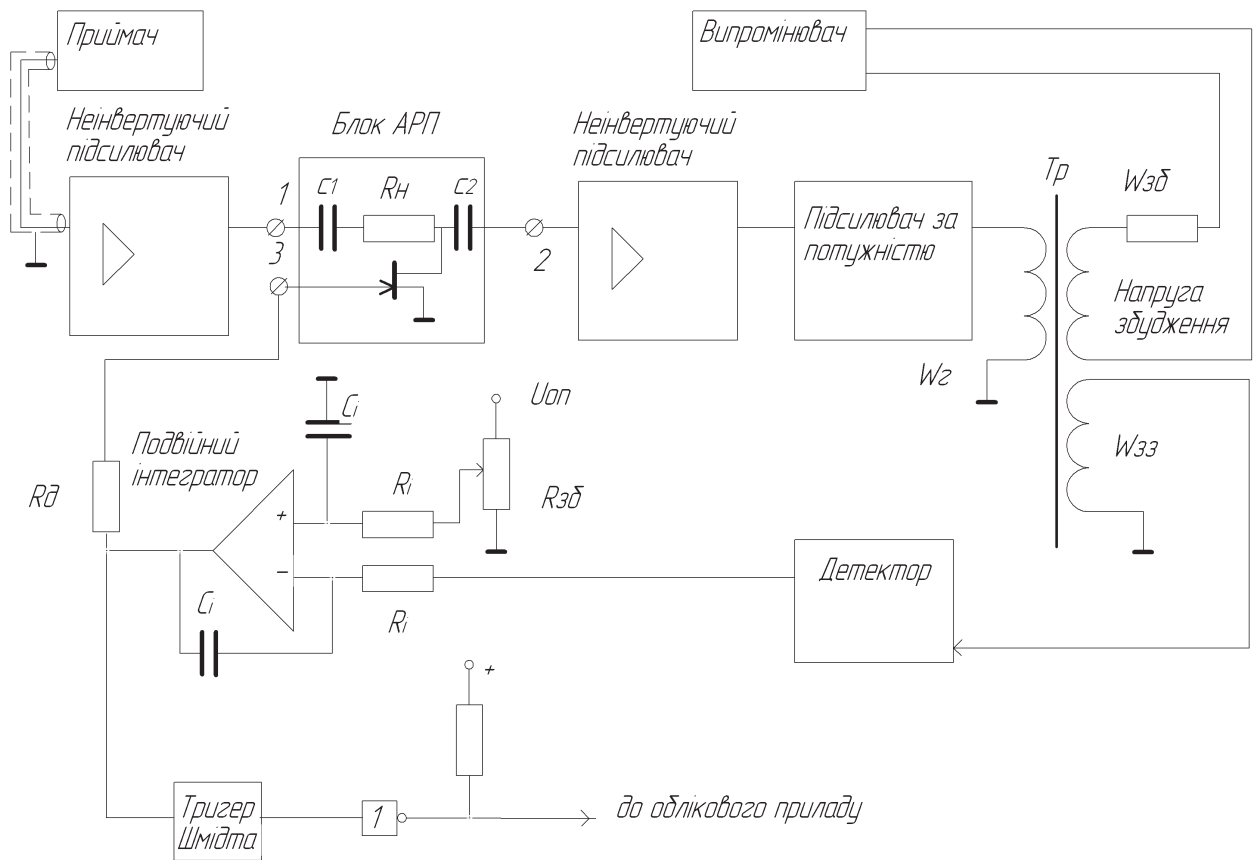


Рис. 1. Функціональна схема ультразвукового пристрою

( $W_{зб}$ ) через резистор збудження  $R_{зб}$  підтримує напругу збудження випромінювача на рівні 150÷190 В його резонансної частоти. Останній збуджується і випромінює ультразвукові коливання, які, в разі відсутності контрольованого об'єкта на шляху ультразвукового променя, сприймаються приймачем і знову підсилюються ланцюгом позитивного зворотного зв'язку. Оптимальний режим випромінювання і приймання ультразвукових коливань у зоні фіксації об'єкта підбирається шляхом зміни глибини позитивного зворотного зв'язку генератора і зміни коефіцієнта підсилення каскаду блоку АРП. Частота збудження є середньою резонансною частотою обох п'єзоелементів, які вибираються з приблизно однаковою резонансною частотою.

Під час перекриття променя контрольованим об'єктом втрачається акустичний зворотний зв'язок. При цьому збільшення коефіцієнта підсилення генератора для збудження ультразвукових коливань виявляється недостатнім і генерування припиняється. У цьому випадку максимальними є коефіцієнт підсилення генератора і чутливість пристрою до фіксації поло-

ження об'єкта. За відсутності контрольованого об'єкта генерування ультразвукових коливань у просторі між випромінювачем і приймачем поновлюються.

Одночасно за допомогою обмотки  $W_{зз}$  трансформатора утворюється ланцюг від'ємного зворотного зв'язку, в який входять детектор і подвійний генератор, вихідний сигнал останнього подається на блок АРП (автоматичного регулювання підсилення). Цим ланцюгом частина напруги збудження випромінювача випрямляється, надходить на інвертуючий вхід подвійного інтегратора і порівнюється на останньому із заданим необхідним значенням, яке надходить від опорного (зразкового) джерела живлення  $U_{оп}$  і потенціометра  $R_{зб}$  на неінвертуючий вхід подвійного інтегратора. Сигнал небалансу (з постійною часу інтегрування, яка визначається опорами  $R_i$  і ємностями  $C_i$ ), спричинює зміну напруги на виході подвійного інтегратора, яка надходячи у блок АРП на затвор польового транзистора ПТ, змінює коефіцієнт підсилення схеми автоматичного регулювання, завдяки чому забезпечується стабілізація напруги збудження.

Основною умовою надійної роботи ультразвукових генераторів на самозбудженні, які використовуються в автоматичних системах контролю фіксації положення об'єктів або підрахунку кількості продукції [1, 2, 3], є відсутність додаткового зсуву фаз у каскадах підсилювачів (загальний зсув має дорівнювати нулю, що забезпечує самозбудження).

У той же час у генераторі з метою компенсації впливу вітрових потоків і градієнтів температури в зоні фіксації об'єкта між випромінювачем і приймачем, які можуть призвести, наприклад, через знос акустичного променя до хибного спрацьовування пристрою і видачі сигналу про наявність об'єкта при його відсутності, має забезпечуватися досить глибоке керування загального коефіцієнта його каскадів – не менше 60 дБ, яке дасть змогу утримувати постійну напругу збудження випромінювача і відповідно підвищити точність фіксації об'єкта.

Для виконання цих умов у генераторі ультразвукових коливань на самозбудженні застосовується розроблена схема автоматичного регулювання (АРП) загального коефіцієнта підсилення генератора, яка не змінює вихідний режим основних підсилювальних каналів.

Класична схема блоку АРП (рис. 2) включає в себе Г-подібний подільник змінного струму (між вхідним  $C_1$  і вихідним  $C_2$  конденсаторами міжкаскадного розділення), який утворюється динамічним опором  $R_{CB}$  дільниці стік – витік польового транзистора ПТ у горизонтальному плечі. При цьому використовується характерна зона вихідної статичної характеристики ПТ – при малих напругах стоку ( $U_C < 1V$ ) він змінюється із зміною напруги на затворі. У схемах генераторів, що реалізують такі подільники, на затвор ПТ діє напруга  $U_{АРП}$  автоматичного регулювання коефіцієнта підсилення, яка виробляється у схемах порівняння, і внаслідок дії якої змінюється коефіцієнт передачі як подільника, так і генератора в цілому. Вертикальним плечем подільника напруги слугує допоміжний резистор  $R_H$  в ролі якого ви-

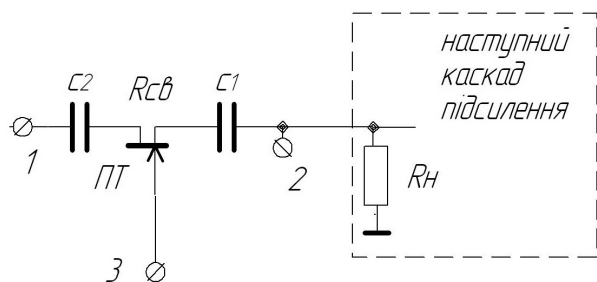


Рис. 2. Класичний блок АРП

користується вхідний опір каскаду наступного за вихідним розділювальним конденсатором  $C_2$  каскаду.

Як показали дослідження схем ультразвукових генераторів на самозбудженні через повітряне середовище, в якому знаходиться об'єкт [1, 2], схему АРП доцільно вмикати не в першому каскаді підсилення генератора, а в другому, тобто, щоб схема працювала з сигналами, підсиленими до рівня від 0 до 40–50 мВ. У той же час кожний із каскадів підсилення генератора, які виконуються на операційних неінвертуючих підсилювачах, має бути обладнаний ручним регулятором підсилення для початкового налаштування, при якому змінюється вхідний опір неінвертуючого підсилювача, тобто, змінюється опір  $R_H$  блоку АРП. Останнє впливає на розраховану початкову глибину регулювання коефіцієнта підсилення класичної схеми, що є її недоліком.

З метою усунення цього недоліку розроблено схему АРП із схемою Г-подібного подільника з резистором  $R_H$  – у горизонтальному плечі і польовим транзистором з  $p-n$  переходом і  $p$  – каналом і загальним стоком – у вертикальному плечі, розташованому перед вихідною ємністю  $C_2$  подільника, тобто, використовується схема з заземленим стоком ПТ (дивись рис. 1). При цьому також використовується особлива властивість ПТ: провідність  $g_{CB}$  його дільниці стік – витік, за нульової напруги на стоці (він заземлений), лінійно залежить від напруги  $U_{АРП}$  на затворі ПТ і чисельно дорівнює крутизні  $S_{оп}$  вольт-амперної характеристики ПТ при цій же напрузі на затворі.

Коефіцієнт передачі  $K_H$  такого подільника дорівнює:

$$K_H = 1 / \{ 1 + [ 1 / (g_{CB} R_H) ] \}, \quad (1)$$

де  $g_{CB} = S_{OCB.max} \cdot [(U_{АРП} / U_{ВДС}) - 1] + g_{ЗВОР}$ ;

$U_{ВДС}$  – напруга на затворі ПТ, при якій він закривається і струм стоку дорівнює нулю;

$g_{ЗВОР} = (q \cdot I_{03}) / (K \cdot T)$  – провідність зворотного зміщення  $p-n$  переходу ПТ;

$q = 1,69 \cdot 10^{-19}$  – заряд електрона;

$K = 1,3807 \cdot 10^{-23}$  [Дж/К] – постійна Больцмана, яка дорівнює відношенню універсальної газової постійної до числа Авогадро;

$I_{03}$  – початковий струм затвору ПТ;

$T$  – абсолютна температура ПТ, К.

При напрузі  $U_{АРП}$  що дорівнює нулю, провідність ПТ велика ( $g_{CB} \approx S_{OCB.max}$ ) і сягає декілька сотень См, а при напрузі  $U_{АРП}$ , що дорівнює або

більше  $U_{\text{ВДС}}$ , провідність ПТ дуже мала і сягає одиниць мкСм.

Якщо  $R_H$  вибрати із умови  $R_H \gg (I/S_{0CB.max})$ , то коефіцієнт передачі Г-подібного подільника буде змінюватися від значення 1 до дуже малої величини, яка і визначає діапазон регулювання  $D_p$ :

$$D_p = 1/(g_{звop} \cdot R_H). \quad (2)$$

Підставивши в рівняння (2) значення для  $g_{звop}$  отримуємо:

$$D_p = (K \cdot T)/(q \cdot I_{03} \cdot R_H). \quad (3)$$

Рівняння (3) дає змогу визначити значення резистора  $R_H$ , яке забезпечить необхідну глибину регулювання коефіцієнта підсилення схеми використаного Г-подібного подільника:

$$R_H = (K \cdot T)/(q \cdot I_{03} \cdot D_p). \quad (4)$$

Якщо в розглянутій схемі використати ПТ, наприклад, КП 103К з параметром  $S_{0CB.max} = 2 \text{ мА/В}$ , вибрати  $I_{03} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ А}$  та враховуючи, що 60 дБ дорівнює  $10^3$ , то при  $20^\circ$  за формулою (4) отримуємо значення опору:

$$R_H = (1,3807 \cdot 10^{-23} \cdot 293) \cdot I / (1,69 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 10^{-8} \cdot 10^3) \approx 2,4 \text{ кОм}.$$

Оскільки глибина регулювання схеми АРП має бути не менше 60 дБ, значення опору  $R_H$  вибираємо дещо більшим за обчислене значення – 3 кОм.

У той же час перевіряємо виконання умови  $R_H \gg (I/S_{0CB.max})$ :

$$\text{дійсно, } 3 \text{ кОм} \gg 1/(2 \cdot 10^{-3}) = 0,5 \text{ кОм}.$$

Фіксація наявності в зоні контролю об'єкта (присутній/відсутній) досягається за допомогою тригера Шмідта, вхідним сигналом якого є, наприклад, випрямлена напруга відповідної обмотки  $W_{33}$  [1]. У цьому випадку як вхідний сигнал тригера Шмідта може використовуватися сигнал

з виходу детектора. Проведені дослідження показали, що для підвищення точності налаштування тригера Шмідта, краще використовувати вихідний сигнал подвійного інтегратора, оскільки його вихідна напруга (в діапазоні регулювання коефіцієнта підсилення генератора) змінюється від -4 до +15 В і є суттєво більшою в порівнянні з вихідним сигналом детектора (від 0 до 2 В). Напруга до +15 В на виході подвійного інтегратора, яка надходить на вхід тригера Шмідта, відповідає напрузі обмеження операційного підсилювача, що реалізує подвійний інтегратор. Цей стан подвійного інтегратора відповідає максимальному коефіцієнту підсилення генератора, коли об'єкт перекрив ультразвуковий промінь у зоні контролю, і відповідно підвищує точність налаштування тригера Шмідта.

Як вихідні сигнали фіксації об'єкта можуть використовуватися електромеханічне реле або лічильник, які підключають до виходу тригера Шмідта, а також безконтактний сигнал для ТТЛ логіки або дискретний вхід мікропроцесорного контролера.

### Висновки

Стабілізація напруги збудження випромінювача за розробленою схемою ультразвукового генератора дає змогу компенсувати вплив факторів збурення зовнішнього середовища (зміна градієнтів швидкості повітряних потоків, зміна їхньої температури і вологості) у зоні контролю на точність фіксації об'єктів у ній і на їхній облік.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ультразвуковое реле с пьезокерамическими преобразователями и автоматической регулировкой коэффициента усиления / А. И. Ришан // Киевский институт автоматики, Сб. статей «Автоматизация управления шинным производством, 1977. – С. 124–130.
2. А.с. 762716. Ультразвуковое реле / А. И. Ришан, М. Н. Гуманюк // Открытия. Изобретения. – 1988. – Б.И. №18.
3. Ультразвуковой пристрой контролю положения та обліку рухомих об'єктів/ О. Й. Ришан // Тези доповіді на міжнар. наук.-практ. конф. «Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи». – НУХТ, 2010. – С. 55–56.