

*Б.Є. Журиленко, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Є.О. Дубовий
(Національний авіаційний університет, Україна)*

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ЕЛЕКТРИЧНОГО СИГНАЛУ НА ЧАСТОТАХ МОВНОГО ДІАПАЗОНУ (250-4000 Гц) ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АКУСТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Робота присвячена актуальним питанням визначення та виявлення електричних каналів витоку інформації за рахунок акустоелектричних перетворювачів. Наведено характеристики розробленого пристрою, які забезпечують необхідні параметри для дослідження і вимірювання акустоелектричних ефектів. Даний пристрій дозволить позбутися від дорогого пошукового комплексу «Піранья» в лабораторному циклі дослідження акустоелектричних перетворювачів.

Людська мова є природним і найбільш поширеним способом обміну інформацією між людьми, і існує багато методів перехоплення або підслуховування цієї інформації. Звуком називаються механічні коливання в пружних середовищах і тілах (твердих, рідких і газоподібних), частоти яких лежать в межах від 17-20 Гц до 20000 Гц. Ці частоти механічних коливань здатне сприймати людське вухо. Механічні коливання нижче 17 Гц називають інфразвуками, а понад 20000 Гц – ультразвуками. Акустичний тиск, що виникає під час розмови, може викликати механічні коливання елементів електронної апаратури, що у свою чергу, приводить до появи електричних струмів, напруги і електромагнітних випромінювань або їх змін при певних обставинах. Конфіденціальна інформація, яку містять в собі мовні повідомлення викликає зацікавленість у конкурентів або зловмисників в здобутті подібної інформації. Враховуючи особливості розташування більшості офісів комерційних підприємств в житлових будинках, розмежованих конструкціями з недостатнім акустичним захистом, завдання захисту конфіденційних переговорів стає особливо актуальним і досить складним.

Оцінюючи можливості захисту конфіденційних переговорів у приміщенні, доцільно передбачити можливість використання зловмисником елементів апаратури, що мають в собі акустоелектричний ефект - ланцюги дзвінків телефонних апаратів, вторинний годинник, динаміки мереж трансляції, деякі сповіщувачі систем охоронної і пожежної сигналізації і тому подібне.

Акустичні перетворювачі можуть бути наступних видів:

1. індуктивні;
2. ємкісні;
3. п'єзоелектричні;
4. оптичні.

В основному витік небезпечних акустичних сигналів здійснюється через допоміжні технічні засоби і системи. Допоміжні технічні засоби і системи, що знаходяться в зоні дії небезпечних акустичних сигналів, не рідко є причиною витоку конфіденціальної інформації за межі контрольованої зони. Сигнали в ланцюгах допоміжних технічних систем і засобів, обумовлені дією зовнішніх акустичних полів, можуть бути вельми значними і перевищувати гранично допустимі для цих ланцюгів величини. До допоміжних технічних систем і засобів відносяться:

1. Системи відкритого телефонного зв'язку;
2. Системи радіотрансляції;
3. Системи електроживлення;
4. Системи охоронної і пожежної сигналізації.

Канали витоку інформації, що виникають за рахунок наявності перетворювальних акустоелектричних елементів в ланцюгах різних технічних пристроїв небезпечні тим, що вони можуть існувати в їх нормальних режимах роботи, тобто зловмисник може скористатися ними без проникнення в приміщення або зону, що охороняється, і без встановлення

спеціальних закладних пристроїв. Добре відомі методи отримання акустичної інформації з приміщень за рахунок підключення до ліній телефонних апаратів (особливо у випадках, коли в приміщенні розташовані апарати з електромеханічними дзвінками), лініями диспетчерської або охоронної сигналізації і тому подібне.

Таким чином, значна кількість елементів різних пристроїв, що використовуються в практичній діяльності, володіють акустоперетворювальним ефектом, отже, можуть бути джерелом для створення каналу витоку конфіденційної акустичної інформації. Можливий перелік таких елементів наведено в таблиці 1:

Таблиця 1. Перелік акустоперетворювальних елементів різних пристроїв

Електродинамічні	Електромагнітні	Електростатичні	П'єзоелектричні	Магнітострикційні
Електродинамічний гучномовець	Електричні дзвінки	Конденсатори	П'єзодатчики	Фільтри
Електродинамічний мікрофон	Дзвінкові ланцюги телефону	Реле дроту	Кварцеві вібратори	Резонатори
Котушечні, стрічкові, Електродинамічні вимірювальні прилади	Вторинний електрогодинак, Електромагнітний мікрофон, Електромагнітні вимірювальні прилади	Плати, Мікрофони конденсаторні електретні	Напівпровідниковий мікрофон, П'єзоелектричний мікрофон, Датчики зворотнього зв'язку	Елементи акустоелектроніки, акустомеханічні перетворювачі

Порівняння різних типів акустоелектричних перетворювачів показує, що деякі з них по чутливості близькі до спеціально створених для перетворення звукової енергії в електричну - тобто до мікрофонів. Так, наприклад, чутливість деяких дзвінкових кіл телефонних апаратів досягає 0,05-10 мВ/Па, трансформатора складає 10-200 мкВ/Па, електричного годинника, в залежності від марки, коливається в межах від 100 до 500 мкВ/Па і навіть електричного вентилятора в режимі малих обертів — 10-100 мкВ/Па. Враховуючи таку чутливість можливих джерел витоку інформації, було розроблено пристрій для дослідження сигналів, що утворюються на акустоелектричних перетворювачах.

З метою дослідження сигналів, що надходять з акустоелектричних перетворювачів було розраховано і створено електронний пристрій, що забезпечує: підсилення електричного сигналу з частотою 250-4000 Гц, який формується на різних типах перетворювачів (а саме реле, динаміку і телефонному апараті); максимальне зменшення рівня шуму, завод і наведень на виході пристрою, за рахунок симетричного входу і смугових фільтрів.

Розроблений пристрій має коефіцієнт підсилення приблизно рівний 18000 на частотах 1-1,5 кГц і значно зменшує рівень шумів і завод, за рахунок симетричного входу і смугових фільтрів. Повністю розраховано і підібрано номінали всіх елементів кожного каскаду підсилювального пристрою, а саме: двостороннього діодного обмежувача, диференціального підсилювача на операційному підсилювачі (ОП), першого активного полосового фільтра на ОП, другого активного полосового фільтра на ОП, інвертуючого підсилювача на ОП, фільтруючої системи блока живлення.

Двосторонній діодний обмежувач складається із зустрічних діодів, які обмежують як позитивні, так і негативні амплітуди напруги на встановленому рівні. Електрична схема двостороннього діодного обмежувача представлена на рисунку 1.

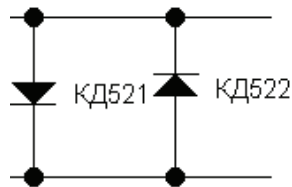


Рис. 1. Електрична схема двостороннього діодного обмежувача

Призначення: обмежувач перешкоджає перевантаженню схеми високими по напрузі голосовими сигналами. При подачі високої напруги на обмежувач синусоїда може набути зрізаної (рівної) форми.

Диференціальний підсилювач — електронний підсилювач з симетричним входом, вихідний сигнал якого дорівнює різниці вхідної напруги, помноженій на константу. Було використано схему диференціального підсилювача на базі одного операційного підсилювача УД708. При чому коефіцієнт підсилення схеми рівний:

$$K = R_2 / R_1 = 100$$

Електрична схема диференціального підсилювача представлена на рисунку 2.

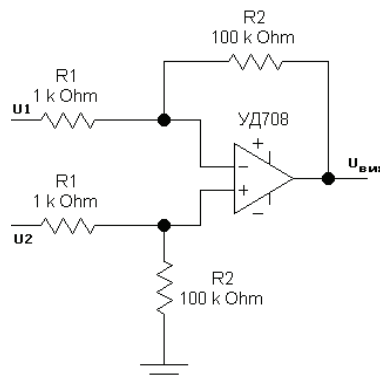


Рис. 2. Електрична схема диференціального підсилювача

В схемі для отримання високого значення коефіцієнту послаблення синфазного сигналу (КПСС) необхідно забезпечити точне узгодження резисторів, і тому було підібрано пари резисторів R_1 і R_2 з опором узгодженим до третьої цифри після знаку коми. Було обрано саме цю схему, так як не потрібно занадто велике значення коефіцієнту послаблення синфазного сигналу; для вирішення даної задачі повністю задовольняє коефіцієнт послаблення синфазного сигналу рівний 40 дБ, який забезпечує дана схема.

Для кращої вибіркової полоси частот (250-4000 Гц), було використано два активних полосових фільтра. Було використано активний полосовий фільтр на базі одного операційного підсилювача УД708, який об'єднує в собі схему інтегратора (фільтра нижніх частот) та диференціатора (фільтра високих частот). Полоса пропускання 250-4000 Гц. Далі приведений розрахунок елементів схеми фільтра для двох частот зрізу (250 Гц і 4кГц):

$$f_1 = 4000 \text{ Гц}$$

$$C_3 = 0.01 \cdot 10^{-6}$$

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot C_3}$$

$$R_3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_3 \cdot f_1}$$

$$R_3 = 3.979 \cdot 10^3$$

$$f_2 = 250 \text{ Гц}$$

$$C_2 = 0.01 \cdot 10^{-6}$$

$$f_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_4 \cdot C_2}$$

$$R_4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_2 \cdot f_2}$$

$$R_4 = 6.366 \cdot 10^4$$

За результатами було підібрано номінали елементів $R_3 = 3.9 \text{ кОм}$ і $R_4 = 62 \text{ кОм}$, що повністю задовольняє частотним вимогам фільтра. Електрична схема першого активного полосового фільтра представлена на рисунку 3, а.

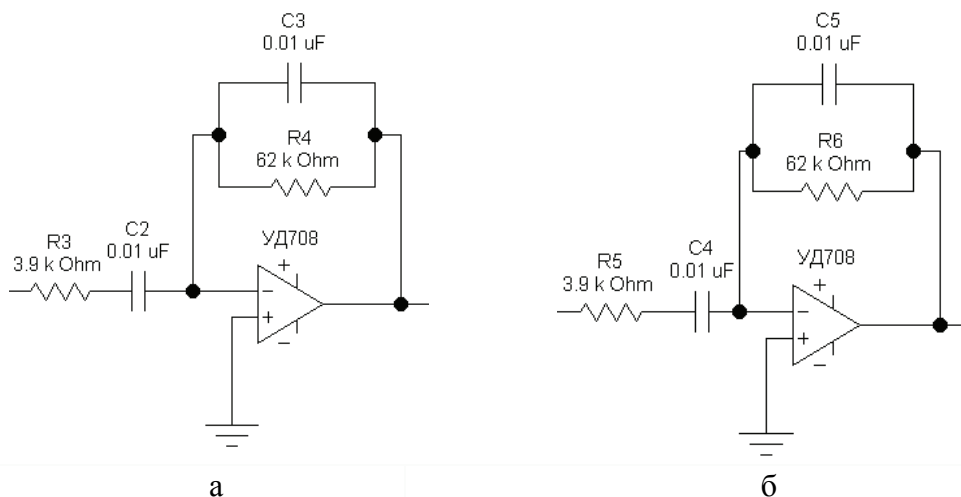


Рис. 3. Електричні схеми активних полосових фільтрів: а – першого; б – другого

Після випробування пристрою з одним активним полосовим фільтром було вирішено додати ще один ідентичний фільтр (тобто зробити подвійну фільтрацію) задля покращення частотної характеристики (зменшення спотворень сигналу на осцилограмі пов'язаних з шумом та завадами отриманими на виході пристрою при використанні одного фільтра). Електрична схема другого активного полосового фільтра показана на рисунку 3, б.

Останнім підсилювальним каскадом являється простий інвертуючий підсилювач. За рахунок резистора R8 в схемі забезпечується глибокий негативний зворотний зв'язок. Операційний підсилювач завжди підсилює диференціальну напругу, яка прикладена безпосередньо між інвертуючим і неінвертуючим входами. При цьому коефіцієнт підсилення: $K = R_8 / R_7 = 100$

Тобто інвертуючий підсилювач є останнім підсилювальним каскадом, кінцево підсилює наш відфільтрований сигнал і подає його на вихід.

Фільтруюча системи блока живлення являє собою елемент живлення з двома фільтрами нижніх частот (для не пропускання високочастотних завад і наводок) у вигляді RC ланцюгів, до складу яких входять резистори R_9 з номіналом 2 кОм та електролітичні конденсатори C_7 з номіналом 0.01 мкФ, а також пари плоских конденсаторів C_6 з номіналом 0.01 мкФ, що використовуються для додаткового подавлення високочастотних наводок.

Провід, що з'єднує акустоелектричні перетворювачі та диференціальний підсилювач (на вході), було екрановано, задля зменшення впливу наведень частоти електромережі.

Пристрій має коефіцієнт підсилення приблизно рівний 18000 на частотах 1-1,5 кГц і значно зменшує рівень шумів, за рахунок симетричного входу і смугових фільтрів. Були отримані АЧХ і прохідна характеристика пристрою.

Висновки. В результаті виконаної роботи були отримані рівні сигналу з акустоелектричних перетворювачів (таких як реле, динамік та дзвінковий ланцюг телефонного апарату) достатні для оцінки можливості витоку інформації по електричному каналу, розроблено підсилювач, що може використовуватись, як компактна заміна диференційного підсилювача «Піранья».

Список літератури

1. Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методи й засоби захисту інформації / В.А. Хорошко, А.А. Чекатков. — К. : ЮНІОР, 2003. — 501 с.
2. Полмар Н., Аллен Т.Б. Енциклопедія шпигунства: пер. з англ. В. Смирнова. — М.: КРОНА-ПРЕСС, 1999. — 816 с.
3. Хореев А.А. Способы и средства защиты информации: Учеб. пособие. – М.: МО РФ, 1999. – 316 с.