

УДК 681.3.067

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ АКТИВНОГО ВІБРОАКУСТИЧНОГО ЗАХИСТУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Загоровський Д.І.

Розглянуті проблеми захисту акустичної інформації; сформульовані вимоги щодо покращення характеристик їх складових частин та підвищення ефективності в цілому.

Вступ

Унікальна особливість мовної інформації обумовлює її виняткову цінність, а отже викликає особливий інтерес і високу зацікавленість у перехопленні. На сьогоднішній день захист мовної інформації здійснюється двома основними методами: пасивним та активним. Обидва методи спрямовані на зменшення відношення "рівень мовного сигналу/рівень шуму" (сигнал/шум) для зниження розбірливості мови. При цьому пасивні методи захисту зменшують рівень мовного сигналу, а активні – збільшують рівень шумів. Для перехвату мовної інформації використовується великий арсенал портативних засобів акустичної розвідки, які дозволяють здобувати необхідну інформацію за різними каналами: акустичному, віброакустичному, електроакустичному, акустооптичному. Це примушує основну увагу приділяти активним методам захисту, які полягають у створенні маскуючих акустичних та вібраційних завод засобам розвідки, тобто використанню віброакустичного маскування інформаційних сигналів, яке придатне для захисту мовної інформації за всіма каналами витоку. На ринку засобів захисту інформації системи віброакустичного зашумлення представлені достатньо широко і інтерес до них постійно зростає.

Загальні відомості про активні методи захисту мовної інформації.

В загальному випадку системи активного віброакустичного захисту (САВЗ) складаються з генератора шуму та з сукупності віброперетворювачів (ВП) і акустичних випромінювачів.

Генератор шуму створює спеціальну шумову перешкоду ("білий", "рожевий" або "мовоподібний" шум), яка повинна бути передана інженерним та будівельним конструкціям, а також випромінюватися в акустичному діапазоні (у вентиляційні канали, димоходи тощо).

ВП слугують для передачі генерованої шумової завади на такі конструкції, як стіни, перекриття, перегородки, трубопроводи, батареї опалювальної системи, вікна та двері. Найчастіше зустрічаються ВП двох типів: п'єзоелектричні та електромагнітні. Для конкретної марки генератора шуму використовують набір ВП, що розрізняються в залежності від конструкцій, на які вони можуть бути встановлені. Головним чином ця відмінність полягає у потужності вібраційних випромінювань (амплітуді вібрацій) достатніх для передачі необхідного рівня коливань на відповідні конструкції, та в масогабаритних показниках, безпосередньо пов'язаних з потужністю.

Акустичні випромінювачі використовують для передачі генерованої завади в акустичному діапазоні в вентиляційні шахти, димоходи, інші акустичні канали витоку інформації [1].

Аналізуючи параметри генераторів САВЗ, можна визначити проблеми, які постають при їх використанні: висока споживана потужність; невелика кількість ВП, що "обслуговуються"; виникнення паразитних акустичних шумів; незадовільні масогабаритні показники; невисокі ККД тощо.

Шляхи зниження паразитних акустичних перешкод

При роботі ВП, які встановлені на реальній будівельній конструкції, у приміщенні створюються паразитні акустичні шуми, що знижують комфортність роботи в приміщенні, що захищається. Існують два механізми утворення паразитних акустичних перешкод: 1) акустичні коливання генерує працюючий перетворювач; 2) коливання випромінюються в повітря віброуючою конструкцією. Рівень паразитних акустичних перешкод, створених системою віброзашумлення, є однією з важливіших її характеристик. Тому при підвищенні ефективності роботи систем віброакустичного захисту, за звичай, постає задача зменшення вказаного рівня шумів при збереженні високої вібровіддачі. Рішення цієї задачі – перш за все в пошуку нових варіантів конструкцій, матеріалів, технологій виготовлення, що дозволяють значно знизити рівень вібрацій відкритих частин корпусу віброперетворювача. ВП, що працюють у системах віброакустичного зашумлення, повинні мати достатньо широку частотну смугу – не менше ніж смуга частот мовного сигналу. У цьому зв'язку питання узгодження перетворювача із середовищем здобувають особливу важливість. При порушенні коливань у конструкціях, що мають високий акустичний опір (цегельні стіни, бетонні перекриття), узгодження в широкому частотному діапазоні простіше здійснюється з пристроями, які мають високий механічний імпеданс рухливої системи. Саме тому найбільш перспективними на сьогоднішній день є п'єзоелектричні ВП. У зв'язку з тим, що паразитні акустичні перешкоди утворюються перевипроміненням коливань в повітря віброуючою конструкцією, можна значно знизити акустичне випромінювання ВП, розташовуючи його не на поверхні будівельної конструкції, а в спеціально підготовленій закритій ніші [2]. Однак подібне рішення можливе не завжди і не для всіх типів конструкцій (приклад - вікна, труби т.п.).

Поліпшення якості захисту акустичної інформації корекцією спектра створюваних шумів

Високі вимоги висуваються і до іншого компонента САВЗ – джерела електричного сигналу захисного зашумлення - віброакустичного генератора. По-перше, усі канали кожного з генераторів повинні бути цілком незалежними, тобто до складу кожного каналу мають входити - задаючий генератор білого шуму, коректор спектру, вихідний підсилювач. Ця обставина важлива як для підвищення надійності пристрою в цілому так і для по-

ліпшення якості захисту - адже підвищення ефективності САВЗ потребує вдосконалення технічних рішень стосовно складових частин (вихідних блоків) генератора шуму.

Однією з головних вимог до сучасних систем є використання багато-смугового еквайзера для корекції спектра. Через те, що звукова амплітуда частотна характеристика (АЧХ) конструкцій, що зашумлюються, має, як правило, істотну нерівномірність, у більшості випадків простими засобами корекції (регуляторами тембру ВЧ і НЧ, малосмуговими еквайзерами) обійтися не вдається. Як показує практика, п'ятисмуговий еквайзер з регулюванням на центральних частотах октавних смуг (250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц) є найбільш оптимальним коректором спектра захисного сигналу. Адже у всіх стандартних методиках іспитів пристроїв віброакустичного захисту вимір основних параметрів і, в першу чергу, вимір рівня віброприскорень у спектрі октавних смуг не випадково проводиться саме на вказаних п'яти частотах; тому саме на цих частотах слід забезпечити максимально можливі діапазони регулювання рівнів складового спектра захисного зашумлення. Зважаючи на те, що деякі типові будівельні конструкції створюють істотну нерівномірність у діапазоні частот захисного шуму (до 35 – 40 дБ, особливо при зашумленні вікон), та сам віброперетворювач має визначену власну нерівномірність спектра, яка при підключенні його до віброакустичного навантаження за звичай зростає, в сучасних системах зашумлення має бути передбачена порівняно велика глибина регулювання спектра вихідного сигналу [3]. Тому в ряді випадків звичайна глибина регулювання спектра (до 20...25 дБ) недостатня і виливається (наприкінці) як паразитний акустичний шум, що випромінюється конструктивними елементами (наприклад, віконним склом) у простір приміщення, що захищається. Це призводить до порушення комфортності акустичної обстановки, зводить практично до нуля переваги методу віброакустичного захисту. Застосування ж у подібних випадках еквайзерів з досить великою глибиною регулювання (40 дБ і більше) дозволяє ефективно адаптувати рівень захисного зашумлення до рівня відгуку сигналу, що маскується, забезпечуючи в необхідному діапазоні частот (177...5600 Гц) або хоча б на центральних частотах згаданих октавних смуг нормовану величину перевищення. При цьому має місце мінімізація розглянутого паразитного акустичного шуму, а отже зберігаються умови акустичного комфорту.

Нові технічні рішення виконання вихідного підсилювача у складі генератора віброакустичного зашумлення

Сказане має значення для підвищення ефективності захисту мовної інформації в активних системах, але головним вузлом, який забезпечує необхідний рівень потужності всієї системи, є вихідний підсилювач генератора шуму. Основними вимогами до цього підсилювача є забезпечення максимальної середньоквадратичної напруги на виході (в режимі високоом-

ного виходу) не менше 25 В (в режимі низькоомного виходу – не менше 12 В), яка безпосередньо пов'язана з рівнем вібраційних коливань, що необхідно створити для ефективного захисту. До того ж спектр вихідного сигналу, який коригується еквалайзером, не повинен спотворюватися вихідним підсилювачем, що висуває додаткові вимоги до його АЧХ. Серед вказаних задач найголовнішою є зниження рівня споживаної потужності.

Економічним підсилювачам класу *B* властиві значні спотворення сигналу малого рівня, підсилювачі класу *A* мають малий ККД. Компромісні рішення класу *AB* не вирішують повністю жодну з означених вище проблем [4]. ККД означених підсилювачів та потужність, при якій спостерігається мінімум спотворень сигналу, наведені в таблиці:

Таблиця

Клас підсилення	Теоретичний ККД	Реальний ККД	Потужність, при якій спостерігається мінімум спотворень
A	50%	15...30%	мала
AB	Залежить від режиму	40...50%	середня
B	78%	50...60%	середня

З таблиці видно, що лише половина (в кращому випадку) потужності, яка споживається підсилювачем, поступає в навантаження. Це, зокрема, призводить до нагрівання транзисторів вихідного каскаду. Для підвищення економічності аналогових підсилювачів запропоновано чимало технічних рішень, які можна звести в три групи:

- паралельна робота на загальне навантаження малопотужного каскаду класу *A* і потужного класу *B* (клас *Super A*)
- робота на загальне навантаження каскадів з різною напругою живлення (клас *G*)
- керування напругою живлення вихідного каскаду (клас *H*).

Проте складність вказаних конструкцій не виправдовує отриманої економії і підсилювачі цих типів не отримали розповсюдження.

З огляду на сказане виникає ідея використання для вирішення поставлених задач цифрових підсилювачів класу *D*, основною перевагою яких є високий (до 95%) ККД.

Режим *D* або ключовий режим роботи транзистора, полягає в тому, що на його вхід подаються прямокутні імпульси великої амплітуди, які повністю відкривають та закривають транзистор. Отже, головна особливість таких підсилювачів – використання замість підсилення широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). На відміну від аналогових підсилювачів, де вихідний сигнал є "збільшеною копією" вхідного, вихідним сигналом підсилювачів класу *D* є імпульси прямокутної форми, амплітуда яких постійна, а тривалість ("ширина") змінюється залежно від амплітуди аналогового сигналу,

що поступає на вхід підсилювача. Частота імпульсів (частота дискретизації) постійна і в залежності від вимог, що висуваються до підсилювача, складає від декількох десятків до сотень кілогерців. Після формування імпульси підсилюються вихідними транзисторами, що працюють в ключовому режимі. Перетворення імпульсного сигналу в аналоговий відбувається у фільтрі низьких частот на виході підсилювача або безпосередньо в навантаженні. Транзистор, який використовується в якості ключа знаходиться в одному з двох станів: "повністю відкритий" або "повністю закритий". В першому - близьке до нуля падіння напруги між вихідними електродами транзистора, в другому – його струм близький до нуля. Завдяки цьому втрати енергії в транзисторі малі. Спотворення зростають при збільшенні частоти сигналу і зниженні частоти дискретизації. Від частоти дискретизації залежить і вихідна потужність – із зростанням частоти зменшуються індуктивності котушок і знижуються втрати у вихідному фільтрі. Всі функції обробки сигналу на сьогоднішній день можуть бути зосереджені в одній мікросхемі при мінімумі зовнішніх компонентів. Підсилювачі малої і середньої потужності виготовляються в інтегральному виконанні. В підсилювачах великої потужності вихідний каскад виконується на дискретних компонентах. Вихідний LC-фільтр у всіх випадках є окремим елементом.

Подібно аналоговим підсилювачам, імпульсні підсилювачі розділяються на підкласи *AD* і *BD*, причому їх переваги і недоліки теж подібні. Відмінність роботи підсилювачів класів *AD* і *BD* видно з рис. 1 В підсилювачах класу *AD* при відсутності вхідного сигналу вихідний каскад продовжує роботу, утворюючи в навантаженні різнополярні імпульси однакової тривалості. Це дозволяє поліпшити якість передачі слабких сигналів, але значно знижує економічність і породжує ряд технічних проблем. Зокрема, доводиться боротися з так званим кризним струмом, який виникає при одночасному перемиканні вихідних транзисторів.

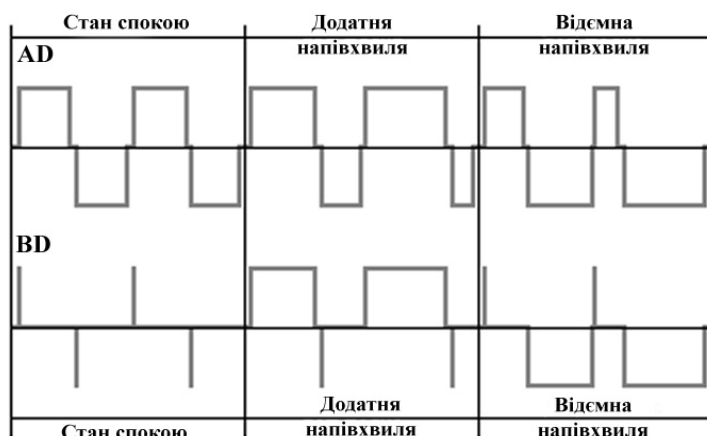


Рис. 1. Форма імпульсів на виході підсилювача (до LC-фільтру)

Практичне застосування знаходять більш прості по конструкції підсилювачі класу *BD*, вихідний каскад яких у відсутності сигналу генерує імпульси дуже малої тривалості або знаходиться в стані спокою. Проте в підсилювачах цього типу найбільш сильно виявляється основний недолік методу – залежність рівня нелінійних спотворень від частоти дискретизації і частоти сигналу. Крім того, спотворення зростають при передачі сигналів

малого рівня. Створення високоякісного широкосмугового підсилювача класу *D* вимагає значного ускладнення конструкції. Для створення економічного вихідного підсилювача генератора у складі САВЗ мовної інформації не потрібно високої якості сигналу, що відтворюється (адже "якість" шуму визначається його некорельованістю), тому можна використовувати більш прості та економічні варіанти конструкції підсилювача класу *D*.

Як приклад можна навести мікросхему *TDA8925* вихідного комутуючого каскаду, яку запропонувала фірма *Philips Semiconductors* для створення підсилювача потужності звукової частоти (ППЗЧ) класу *D* з вихідною потужністю від 2×15 до 2×25 Вт з ККД більше 94%. Мікросхема *TDA8925* (ППЗЧ) живиться від двохполярного джерела з напругою від $\pm 7,5$ до ± 30 В і має власний споживаний струм близько 25 мА. Завдяки ключовому режиму роботи силового каскаду ППЗЧ і, відповідно, високому ККД відповідає необхідність в радіаторі охолодження. Мікросхема ППЗЧ оснащена діагностичним виводом, напруга низького рівня на якому сигналізує про перегрів вихідного каскаду або про коротке замикання в ланцюзі навантаження. *TDA8925* має захист виводів від статичної електрики і виконана в пластмасовому корпусі *DBS17P* для звичайного друкованого монтажу.

Висновки

Основною тенденцією підвищення ефективності САВЗ є вдосконалення складових частин генератора шуму, при цьому головну увагу слід приділяти вихідному підсилювачу потужності. Перехід до підсилювачів класу *D* сприяє підвищенню ефективності САВЗ мовної інформації.

Література

1. Хорёв А.А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации//М.: Гостехкомиссия РФ, 1998.-316 с.;
2. Коршагин В.Л. Защита от утечки речевой информации: практические аспекты реализации//Защита информации. INSIDE №2, 2005, с.45-49.
3. Сравнительный анализ характеристик систем виброакустического шумления. Галанский В., Вещенко Н., Королёв Т. и др.//Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. 2003, вип.7, с. 217-221.
4. Добрусенко С. Двухканальный аудиоусилитель класса Т с минимальными динамическими искажениями//Электроника: Наука, Технология, Бизнес. №7, 2005, с.60-64.

<p>Загоровский Д.И. Повышение эффективности систем активной виброакустической защиты речевой информации Рассмотрены основные проблемы защиты акустической информации; сформулированы требования связанные с улучшением характеристик их составных частей и повышения эффективности в целом.</p>	<p>Zagorovsky D.I. Increase of efficiency of active vibroacustics protection of the speech information systems. The basic problems of protection of the acoustic information are considered; the requirements connected with improvement of the characteristics of their components and increase of efficiency as a whole are formulated.</p>
--	--