

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Метод оцінювання розбірливості мови для покращення якості систем
громадського оповіщення

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РАМ-61
спеціальності _____

172 Електронні комунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Пліс М.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дедів І.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Хвостівська Л.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Тимків П.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Плісу Маркіяну Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Метод оцінювання розбірливості мови для покращення якості систем громадського оповіщення

Керівник роботи Дедів Ірина Юріївна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» листопада 2024 року № 4/7-1145

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання, системи громадського оповіщення

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Пліс Маркіян Русланович
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дедів Ірина Юріївна

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Метод оцінювання розбірливості мови для покращення якості систем громадського оповіщення // Кваліфікаційна робота магістра // Пліс Маркіян Русланович // ТНТУ ім.І.Пулюя, ФПТ // Тернопіль, 2024 // с. - 84, рис. - 46, дод. - 8, бібл. - 36.

Ключові слова: СИСТЕМА ОПОВІЩЕННЯ, МС, РОЗБІРЛИВІСТЬ МОВИ.

В роботі проведено розроблення методу опосередкованого визначення розбірливості мови для покращення якості систем громадського оповіщення. Проаналізовано типові структури та принципи функціонування систем громадського оповіщення. Проведено аналіз способів класифікації та технічної реалізації систем оповіщення як вуличного типу так і призначених для функціонування в будівлях та закритих приміщеннях. Показано актуальність задачі опосередкованого оцінювання розбірливості мовних повідомлень для систем оповіщення. Проаналізовано підходи та методи оцінювання розбірливості мови. Запропоновано метод, який ґрунтується на оцінюванні співвідношення сигнал/шум при проходженні по трактам системи оповіщення із змінними значеннями рівня та типу маскуючого шуму і оцінюванні цих співвідношень в межах окремих октавних частотних смуг.

ANNOTATION

Speech intelligibility assessment method for improving the quality of public announcement systems // Master's qualification work // Plis M.R. // TNTU, FPT // Ternopil, 2024 // p. - 80, tabl. - 46, appl. - 8, bibl. - 14.

Key words: PUBLIC ANNOUNCEMENT SYSTEM, SPEECH SIGNAL, SPEECH INTELLIGENCE.

In the master's thesis a method for assessing speech intelligibility to improve the quality of public announcement systems was developed. Typical structures and principles of operation of public announcement systems are analyzed. Methods of classification and technical implementation of public announcement systems, both street-type and those intended for operation in buildings and closed spaces, are analyzed. The relevance of the task of indirectly assessing the intelligibility of speech messages for public announcement systems is shown. Approaches and methods for assessing speech intelligibility are analyzed. A method is proposed that is based on assessing the signal-to-noise ratio when passing through the paths of the public address system with variable values of the level and type of masking noise and assessing these ratios within individual octave frequency bands.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Суть та призначення систем оповіщення	10
1.2 Підходи до проєктування систем оповіщення.....	11
1.3 Класифікація систем оповіщення.....	12
1.4 Трансляційні системи оповіщення.....	13
1.5 Основні принципи, що використовуються при побудові систем оповіщення.....	16
1.6 Актуальність задачі оцінювання РМ для систем громадського оповіщення.....	26
1.7 Висновки до розділу 1.....	27
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	29
2.1 Методи оцінювання якості мови.....	29
2.2 Суб'єктивні методи.....	30
2.2. Об'єктивні методи.....	34
2.4 Розбірливість мови і методи її вимірювання.....	40
2.5 Загальні відомості про способи встановлення РМ.....	44
2.6 Об'єктивні методи визначення розбірливості мови.....	45
2.6 Висновки до розділу 2.....	47
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	48
3.1 Планування етапів експериментальних досліджень.....	48
3.2 Структура вимірювання РМ.....	55
3.3 Оцінювання РМ від відношення СШ.....	55
3.4 Висновки до розділу 3.....	56
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
4.1 Охорона праці.....	58
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	60

4.3 Висновки до розділу 4.....	63
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність. Сьогодні в Україні, в умовах війни, актуальним є питання своєчасного оповіщення громадян про ймовірні небезпечні непередбачувані ситуації, зокрема повітряні ракетні атаки, обмеження руху та пересування через ймовірності вибухів зокрема, виникнення пожеж чи значні викиди шкідливих речовин в повітря, воду тощо. З цією метою використовуються системи громадського оповіщення, що є організованими спеціалізованими системами, які призначені для своєчасної передачі певних сигналів/повідомлень стосовно цивільного захисту до відповідних органів влади, підприємств, організацій, установ та населення. Ці системи включають в себе технологічні підходи та способи оповіщення, спеціалізоване обладнання, прилади та канали зв'язку. Метою роботи систем оповіщення є забезпечення максимально швидкого інформування якомога більшої кількості людей про безпосередню небезпеку. Громадські (публічні) оповіщення здійснюються дистанційно шляхом використання електромеханічних сирен (зовні), мереж мовлення всіх частотних типів, систем телевізійного та мобільного зв'язку. Основна функція, яку виконує система оповіщення в аварійній ситуації, – це трансляція мовних повідомлень, спрямованих на запобігання паніці людей, та передача інформації про напрям руху для евакуації.

В поширених сьогодні варіантах побудови систем оповіщення як основний інформаційний сигнал про виникнення надзвичайної ситуації використовується мовний чи голосовий сигнал, що являє собою голосове повідомлення, яке повинне бути однозначно донесене та сприйняте людьми чи персоналом, що перебуває в зоні дії цієї системи. При цьому, часто для підвищення ефективності технічних засобів оповіщення, зокрема підвищення випромінюваної гучномовцями потужності, проводиться попередня обробка таких сигналів, зокрема фільтрація, що передбачає подавлення високочастотних та низькочастотних складових сигналу-повідомлення та підсилення середньочастотних складових. Відповідно, часто системи оповіщення

трансляють готосові повідомлення в ділянці саме середніх частот голосового сигналу. Але це в свою чергу разом із впливом зовнішніх факторів значно впливатиме на якість того голосового повідомлення, яке будуть чути люди, для яких воно трансляється. Ці і додаткові фактори значно спотворюватимуть сигнали повідомлення та вливатимуть на ступінь сприйняття оточуючими людьми таких повідомлень від системи оповіщення.

В цьому плані важливим є контроль якості роботи системи з можливістю коригування параметрів чи характеристик голосових повідомлень для забезпечення надійного та однозначного їхнього сприйняття оточуючими людьми. Власне для цього і потрібно розробити новий чи обґрунтувати вибір відомого методу оцінювання розбірливості мови (РМ), що і визначає актуальність роботи.

Мета. Обґрунтування методу опосередкованого визначення РМ для покращення якості систем громадського оповіщення. Задачі:

- аналіз принципів функціонування та побудови систем громадського оповіщення;
- аналіз існуючих способів оцінювання РМ;
- моделювання методики визначення РМ;
- обґрунтування методу оцінювання РМ;
- моделювання методу визначення РМ в програмі Matlab.

Об'єкт дослідження: вимірювання розбірливості мовних повідомлень.

Предмет дослідження: метод об'єктивного вимірювання РМ.

Наукова новизна. Проаналізовано способи визначення РМ. Обґрунтовано метод, який ґрунтується на оцінюванні співвідношення сигнал/шум при проходженні по трактам системи оповіщення із змінними значеннями рівня та типу маскуючого шуму і оцінюванні цих співвідношень в межах окремих октавних частотних смуг.

Практичне значення. Метод можна застосувати для оцінювання та контролю якості систем громадського оповіщення.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Суть та призначення систем оповіщення

Система оповіщення (СО) — організована спеціалізована система, призначена для своєчасної передачі певних сигналів та інформаційних повідомлень стосовно цивільного захисту до відповідних органів влади, підприємств, організацій, установ та населення. Включає в себе технологічні способи та способи оповіщення, спеціалізоване обладнання, прилади та канали зв'язку.

Метою роботи СО є забезпечення максимально швидкого інформування якомога більшої кількості людей про безпосередню небезпеку.

Громадські (публічні) оповіщення здійснюються дистанційно шляхом використання електромеханічних сирен (зовні), мереж мовлення всіх частотних типів, систем телевізійного та мобільного зв'язку.

Основна функція, яку виконує СО в аварійній ситуації, — це передача та відтворення мовних повідомлень, спрямованих на запобігання паніці людей, та передача інформації про напрям руху для евакуації з будівлі.

СО про пожежу застосовується у будівлях та спорудах, де присутні групи людей, для забезпечення їх евакуації. До цих будівель належать:

- підприємства побутового обслуговування, громадського харчування, торгівлі;
- навчальні заклади (дошкільні, шкільні, ВУЗи, школи-інтернати);
- видовищні установи (театри, цирки тощо);
- відкриті та криті споруди фізкультурно-оздоровчого та спортивного призначення;
- лікувально-профілактичні заклади;
- дитячі оздоровчі табори;
- бібліотеки та архіви;

- музеї та виставки;
- вокзали;
- готелі;
- житлові будинки;
- виробничі будівлі та споруди.

1.2 Підходи до проєктування систем оповіщення

Для СО діє одна важлива вимога: голосові повідомлення, що передаються за системою СО, мають бути правильно зрозумілі та головне – почуті тими, кому вони адресуються. Тому необхідно запроектувати гучномовці СО так, щоб унеможливити "мертві зони", в яких не чути оповіщення про тривогу. Мовні повідомлення СО мають бути максимально коректними та спрямованими на подавлення паніки. За статистикою, психологічно заспокійливо діє спокійний жіночий голос. Необхідно також враховувати і контингент людей, які перебувають у тій чи іншій будівлі. Особливо це стосується приміщень, в яких можуть бути діти шкільного віку, батьки з дітьми або люди похилого віку, оскільки вік і психологія цієї групи осіб позначається не тільки на швидкості переміщення, але й на адекватності поведінки в надзвичайній ситуації.

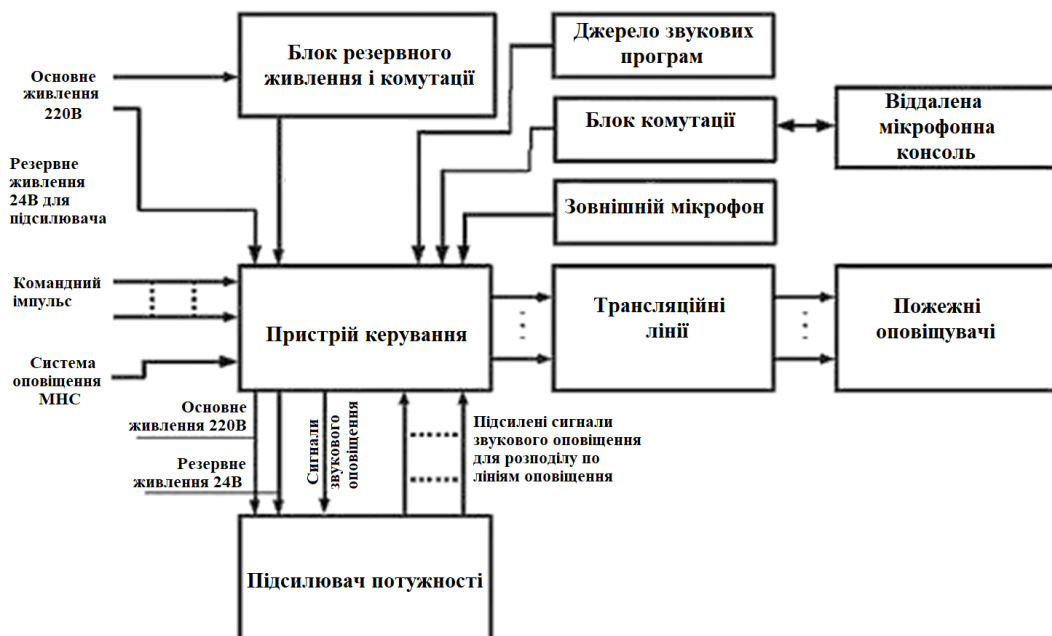


Рис. 1.1. Типова схема СО

СО має бути спроектована, встановлена та налаштована таким чином, щоб евакуація була простою та зручною. І тому використовуються як чіткі мовні оповіщення, так світлові оповіщувачі, які вказують напрям до виходу. При проектуванні необхідно враховувати людську психологію: підсвідомо людина шукає вихід там, звідки вона прийшла. Потрібно також врахувати можливі ускладнення, які можуть виникнути у стресовій ситуації.

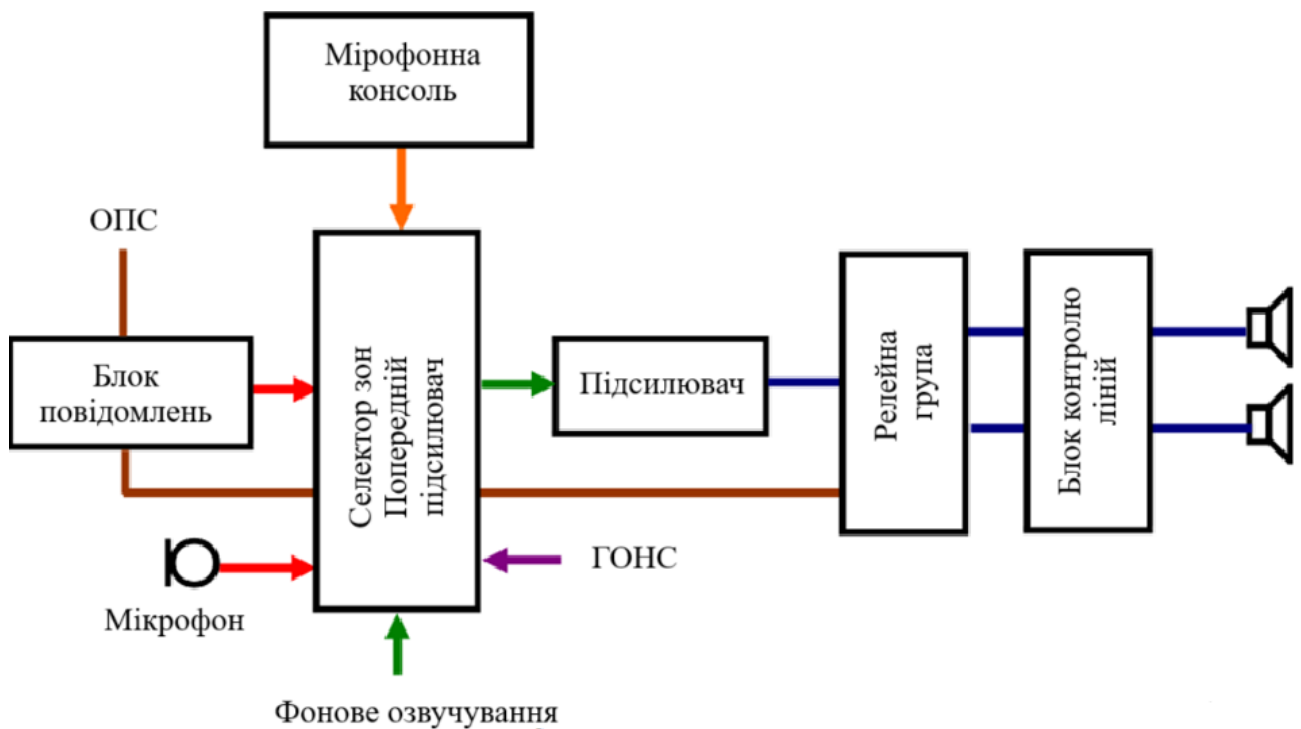


Рис. 1.2. Структура комбінованої СО

1.3 Класифікація систем оповіщення

Системи оповіщення можна розділити в такий спосіб (рис.1.3):



Рис. 1.3. Класифікація СО

1.4 Трансляційні системи оповіщення

Основою будь-якої провідної трансляційної системи є трансляційний підсилювач. Підсилювач являє собою комбінований пристрій, що включає до свого складу попередній підсилювач (ПоП), підсилювач потужності (ПП), узгоджуючий трансформатор. До трансляційного підсилювача підключаються спеціалізовані трансформаторні гучномовці. На рис. 1.5 зображено умовну схему функціонування трансляційної системи.

Попередні підсилювачі (ПоП) – пристрої, що здійснюють підсилення низькорівневого (1-100мВ) звукового сигналу, що і передачі на ПП для подальшого пісилення. Рівень вхідного сигналу, зазвичай, регулюється (на що вказує похила стрілка на схемі). Регулювання вхідного рівня називається регулюванням чутливості (входу). ПоП, до яких підключаються кілька звукових джерел (CD/mp3-програвачі, комп'ютери), називаються мікшерами.

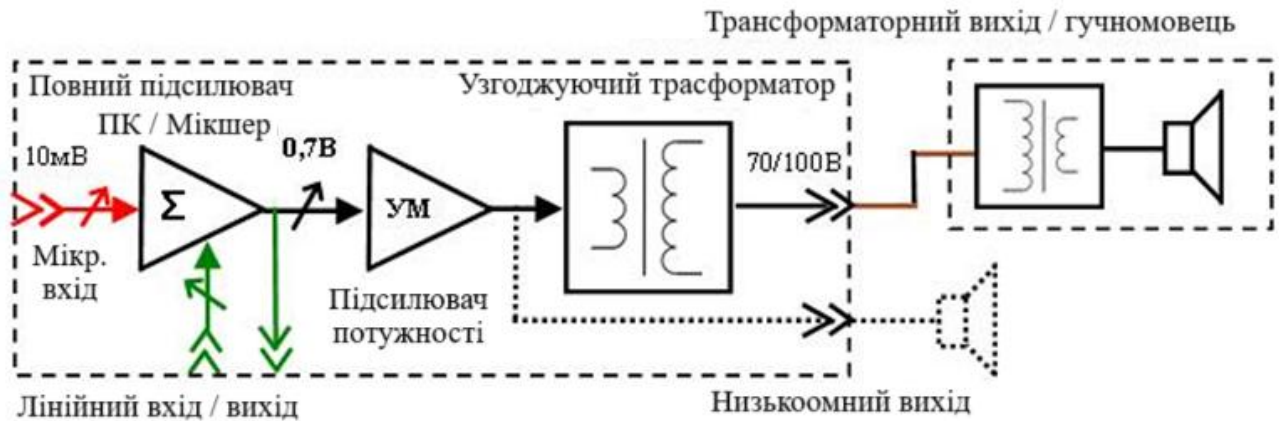


Рис. 1.5. Схема функціонування трансляційної системи

Підсилювачі потужності (ПП) – пристрої, що здійснюють (подальше) посилення звукового сигналу від джерела або ПоП з рівнем 0,7-1 В до рівня, необхідного для роботи відповідного навантаження – мовних оповіщувачів, гучномовців, акустичних систем.

Трансформаторне узгодження дозволяє підключати до виходу ПП довгі навантажені лінії та використовується при побудові централізованих або зональних систем оповіщення. Трансформаторне узгодження в порівнянні з низькоомним має високу стійкість до різних наведень у лінію гучномовців.

Трансляційні підсилювачі працюють із спеціалізованими трансформаторними гучномовцями. Трансформаторний спосіб узгодження дозволяє транслювати звукову інформацію з проводів невеликого перерізу на досить великі відстані з мінімальними втратами. Більшість моделей підсилювачів, крім трансформаторного, мають і так званий низькоомний вихід для підключення 4~16-омних акустичних систем (одночасне використання обох виходів неприпустиме).

На рис.1.6 показано пристрій та конструктивне виконання трансляційного підсилювача ROXTON MZ-240.



Рис. 1.6. Конструктивне виконання трансляційного підсилювача на прикладі моделі ROXTON MZ-240

Ця модель, крім вищеперелічених компонентів, включає в свій склад селектор комутації на 6 зон, вбудоване комбіноване джерело, що складається з порта для SD-карти, порта для USB карти та FM-тюнера.

На рис. 1.7 зображено схему підключення трансляційного підсилювача ROXTON AA-240.

Звуковий сигнал на даний (трансляційний) підсилювач може надходити з кількох звукових джерел. Звукові джерела, що мають мікрофонний рівень вихідного сигналу (1-0,7), підключаються до лінійних входів (AUX 1-3). Вхід під'єднання мікрофона (MIC1), розташований на передній панелі пристрою, має високий пріоритет. При роботі з мікрофона, підключеного до входу, сигнали з інших входів приглушуються. Рівень приглушення встановлюється за допомогою регулятора (MUTE), розташованого на задній панелі пристрою. На передній панелі підсилювача є роздільні регулятори кожного входу, регулятори тембру ВЧ (TREBLE), НЧ (BASS). Спільне регулювання гучності здійснюється регулятором MASTER. Узгоджувальний трансформатор підвищує напругу підсиленого сигналу до стандартних значень (70/100В).

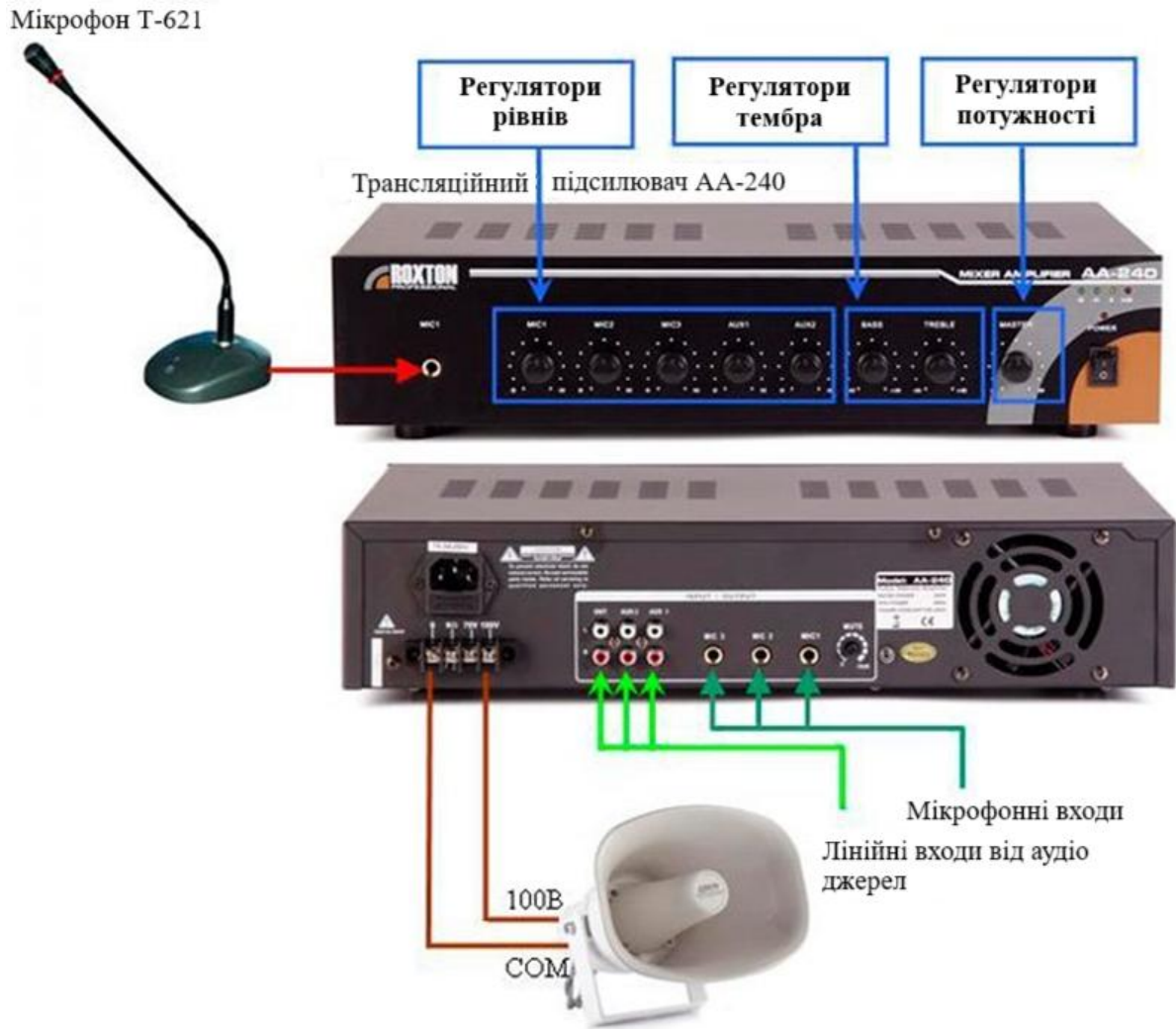


Рис. 1.7. Схема підключення трансляційного підсилювача
ROXTON AA-240

1.5 Основні принципи, що використовуються при побудові систем оповіщення

За принципом побудови системи оповіщення можна поділити на багатозонні, багатопріоритетні, багатоканальні.

1.5.1. Побудова багатозонних систем оповіщення

Багатозонні системи оповіщення дозволяють транслявати звукову інформацію (службові, екстрені повідомлення) в декілька зон як одночасно, так і окремо. Зональність є важливою функцією, що підвищує гнучкість системи.

Багатозонні системи іноді називають системами оповіщення із централізованим управлінням.

На рис. 1.8 зображено систему, що складається з трансляційного підсилювача і 3-х зонного селектора (комутатор зон + релейна група).

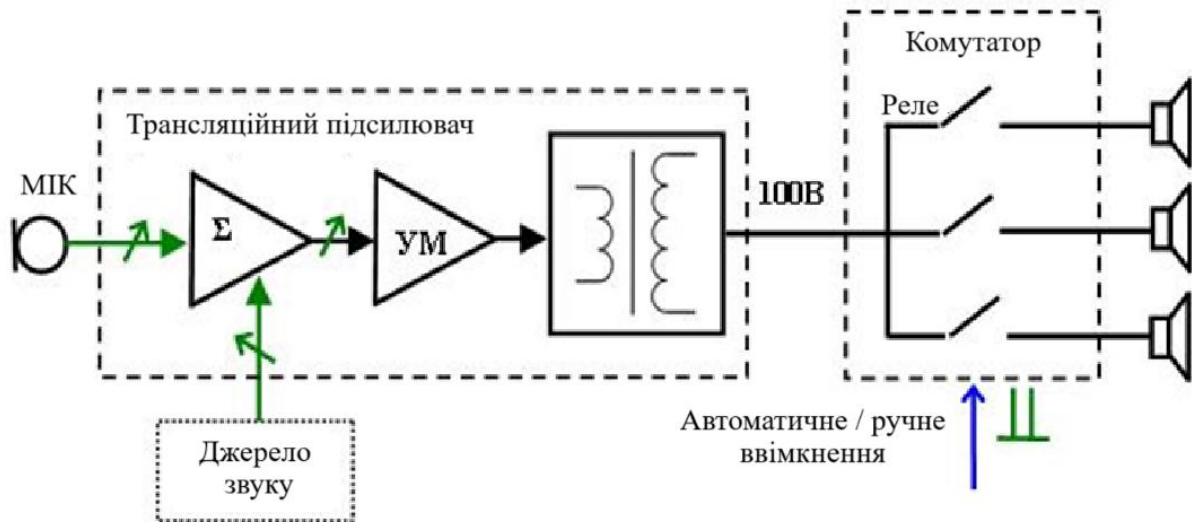


Рис. 1.8. Схема функціонування зональної трансляційної системи

Включення потрібної зони (згідно з цією схемою) може здійснюватися як ручним (напівавтоматичним), так і автоматичним способом. Включення у найпростішому випадку зводиться до активації (замикання контактів) потрібного реле, що підключає трансформаторний вихід підсилювача до відповідної лінії гучномовців. При проектуванні СО необхідно звертати увагу на комутаційні характеристики селекторів, що використовуються. Навантаження в лінії, яке комутує даний пристрій (реле), не повинно перевищувати його можливості.

На рис. 1.9 зображено приклад побудови зональної СО, виконаний на устаткуванні торгової марки ITC ESCORT.

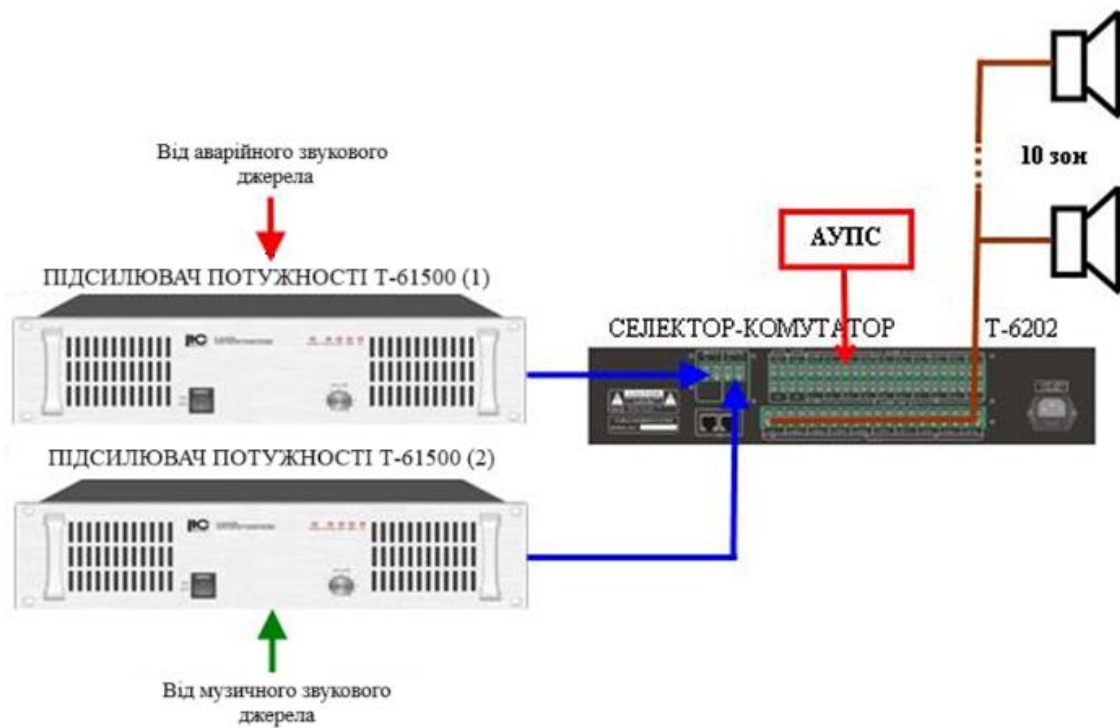


Рис. 1.9. Приклад побудови зональної СО

Селектор-комутатор ІТС ESCORT Т-6202 здійснює комутацію 10 ліній гучномовців (потужність кожної з яких може досягати 1500 Вт) до підсилювачів потужності. Перший (високопріоритетний) підсилювач підключається до ліній автоматично – активацією сухих контактів, наприклад, автоматичної установки пожежної сигналізації (АУПС). Другий (низькопріоритетний) підсилювач підключається до ліній вручну за допомогою кнопок на передній панелі.

1.5.2. Побудова багатопріоритетних систем

Багатопріоритетні системи дозволяють транслювати інформацію, що відрізняється за ступенем важливості – музика, рекламні оголошення, службові повідомлення, екстрені повідомлення про надзвичайні ситуації та пожежу. У таких системах високопріоритетний сигнал повинен переривати або приглушувати сигнал низького пріоритету. Так, наприклад, автоматична СО повинна включатися від командного сигналу, який формується системою АУПС, блокуючи при цьому менш важливі функції, наприклад, фонову трансляцію. При цій активації високопріоритетне аварійне повідомлення має безперешкодно (з максимальним рівнем) надійти до (потрібних) ліній гучномовців. На рис. 1.10

зображено приклад побудови двопріоритетної системи, що реалізує цю можливість.

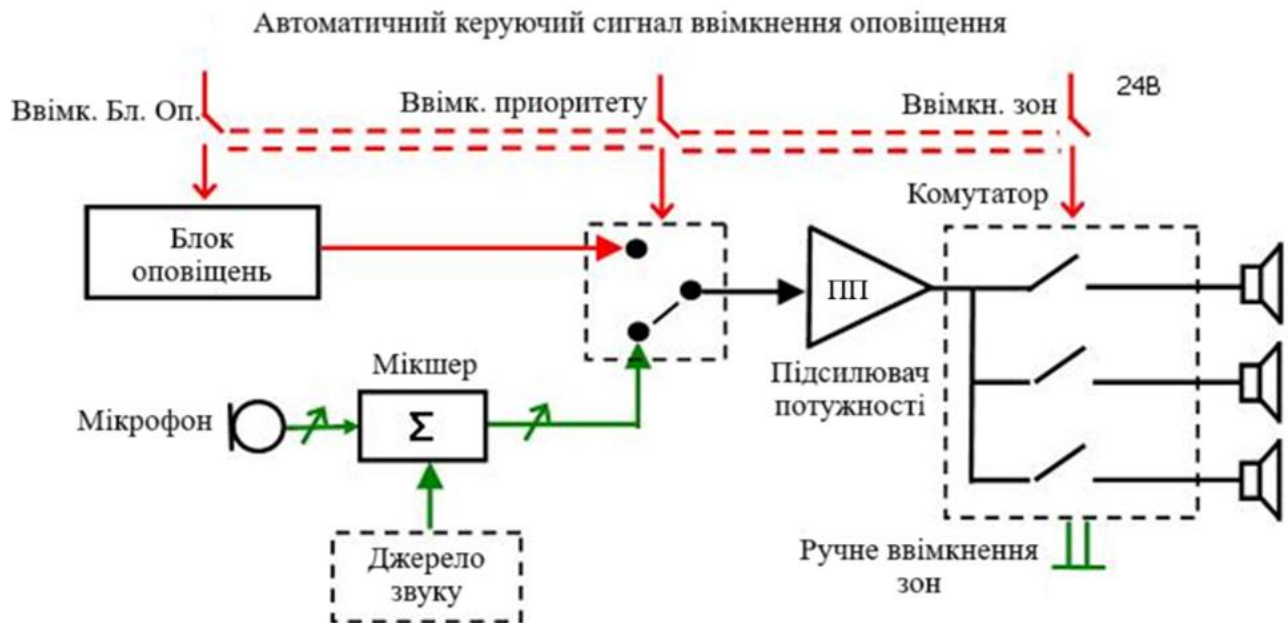


Рис. 1.10. Приклад побудови двопріоритетної системи

З рисунка видно, що з автоматичної активації – при надходженні керуючого сигналу - включаються такі компоненти:

- блок повідомлень;
- трипозиційне реле, що підключає блок повідомлень до входу ПП та відключає звукову трансляцію;
- комутатор, що підключає лінії гучномовців до виходу ПП.

Багатозонність, багатопріоритетність і багатоканальність є основними принципами функціонування, властивими сучасній СО. Сьогодні актуальними є комбіновані (багатофункціональні) рішення, що мають щонайменше три пріоритети. Приклад такої реалізації показано на рис. 1.11.

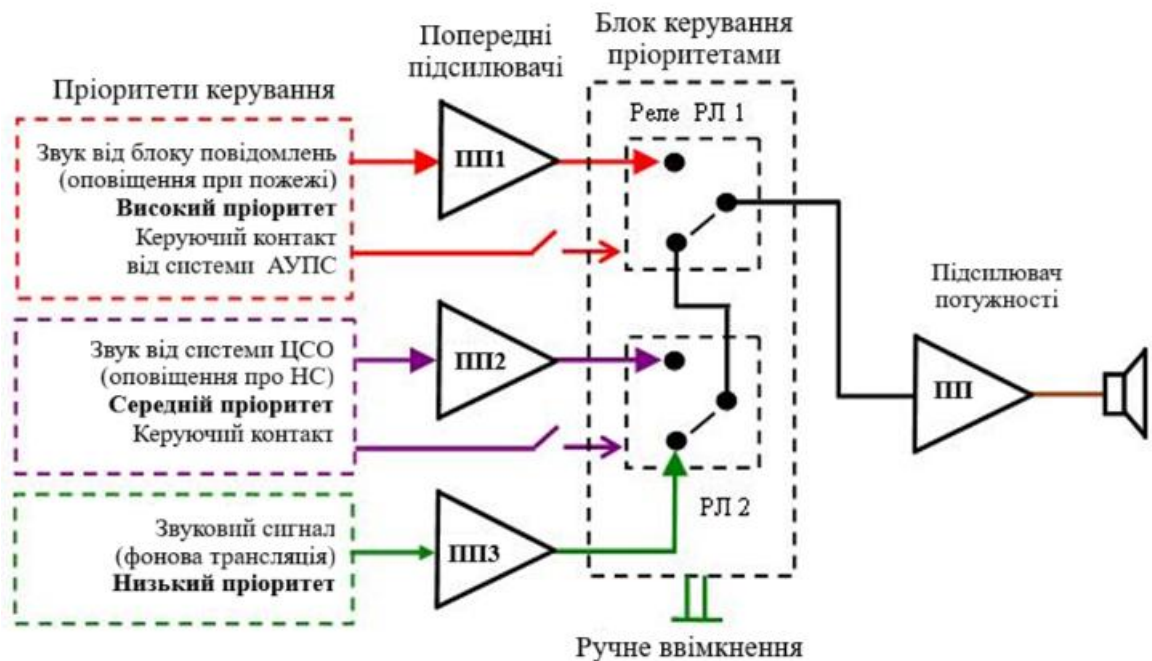


Рис.1.11. Приклад побудови трипріоритетної системи

Блок управління пріоритетами виконаний на базі двох 3-х позиційних реле (РЛ1, РЛ2), що включаються сигналом управління - напругою, сухим контактом або кнопкою, і аудіосигнали, що комутують, від звукових джерел на вхід ПП. Найвищий пріоритет у даному прикладі має звуковий сигнал (повідомлення про пожежу), що надходить від блоку повідомлень та активується сигналом від системи АУПС. При цьому всі нижчі пріоритети відключаються. Середній пріоритет має звуковий сигнал, що надходить від системи централізованого оповіщення (ЦСО) і сигналом, що активується від відповідної системи. При надходженні сигналу нижчий пріоритет вимикається. Нижчий пріоритет не потребує автоматичної активації.

1.5.3. Побудова багатоканальних систем

При озвучуванні великих об'єктів виникають завдання, у яких для кожної (чи кількох) окремої зони необхідно організувати свою звукову трансляцію. Це завдання вирішують багатоканальні системи.

Багатоканальні системи дозволяють транслювати різну (звукову) інформацію одночасно кількома каналами.

Багатоканальну систему можна реалізувати різними способами, однак в ній повинні бути кілька каналів - звукових гальванічно розв'язаних один від одного трактів.

Найбільш простим прикладом реалізації багатоканальної системи є селектор програм (каналів), рис.1.12.

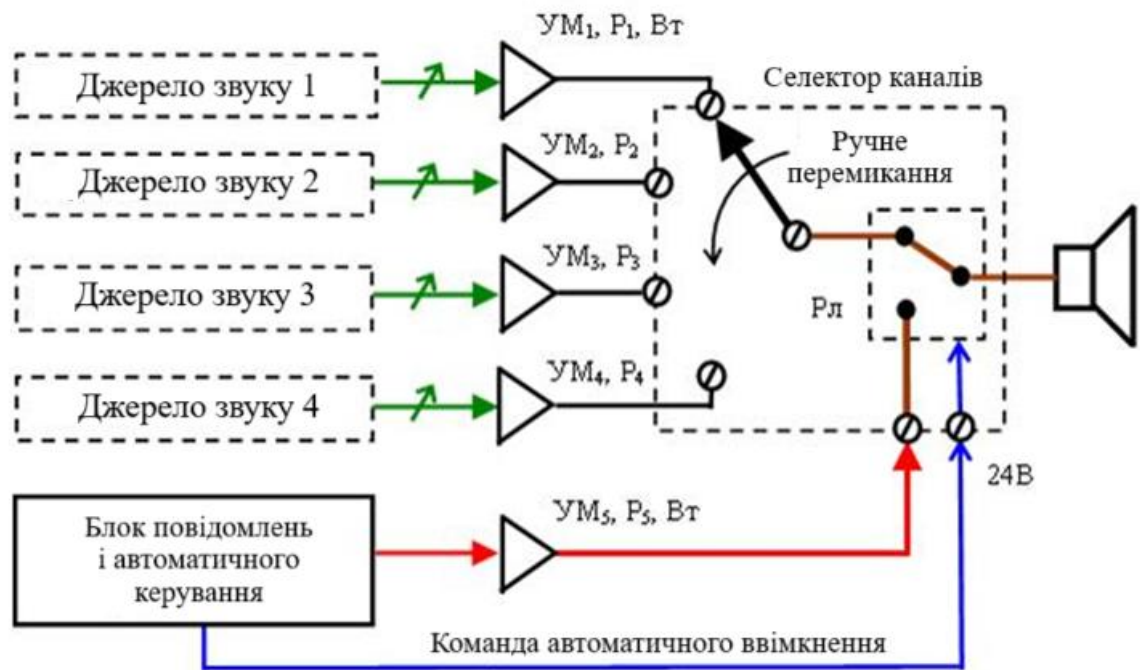


Рис. 1.12. Схема функціонування дистанційно керованого селектора програм

На рисунку зображено схему функціонування 4-х каналного селектора програм з можливістю дистанційного керування. Зображений селектор є 5-ти каналним (програмним) пристроєм з можливістю вибору одного зпоміж 4-х регульованих каналів і примусового включення 5-го нерегульованого каналу. Вибір потрібного каналу (звукового джерела) здійснюється вручну за допомогою регулятора. Автоматичне включення здійснюється подачею напруги +24В на реле, що перемикається в нижнє за схемою положення, при якому гучномовець підключається до нерегульованого аварійного каналу.

Розглянемо ще один пристрій, який називається атенюатором або регулятором гучності.

На рис. 1.13 представлена схема функціонування 4-провідного регулятора гучності з вбудованим реле примусового включення повної гучності в режимі аварійного (тривожного) оповіщення.

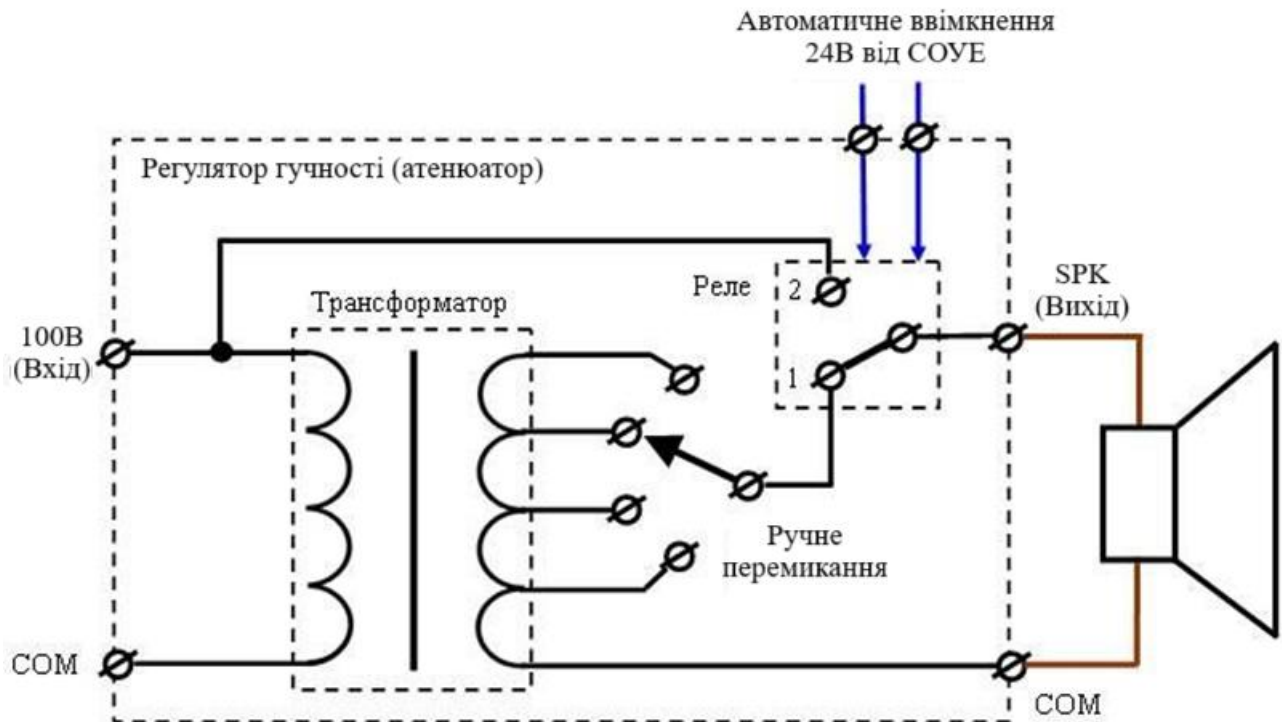


Рис.1.13. - Схема функціонування регулятора гучності

Перевагою 4-х провідного регулятора (порівняно з 3-х провідним) є можливість функціонування у складі практично будь-якого обладнання.

У нормальному режимі гучномовець (клема SPK) через нормально замкнуті контакти реле (поз.1) підключено до вторинної обмотки трансформатора. За допомогою ручки регулятора встановлюється потрібна гучність.

В аварійному (тривожному) режимі від СО надходить керуюча напруга +24В, що перемикає реле поз.2. При цьому динамік підключається безпосередньо до трансляційної лінії (до трансформаторного виходу трансляційного підсилювача), минаючи регулятор.

У 4-х проводовому селекторі каналів з регулятором гучності використовується одне 3-х позиційне реле, що відключає як канали, так і

регулятор гучності. Потужність регулятора гучності повинна бути не нижче потужності лінії гучномовців, що підключається.

На рис.1.14 наведено приклад багатоканальної реалізації.

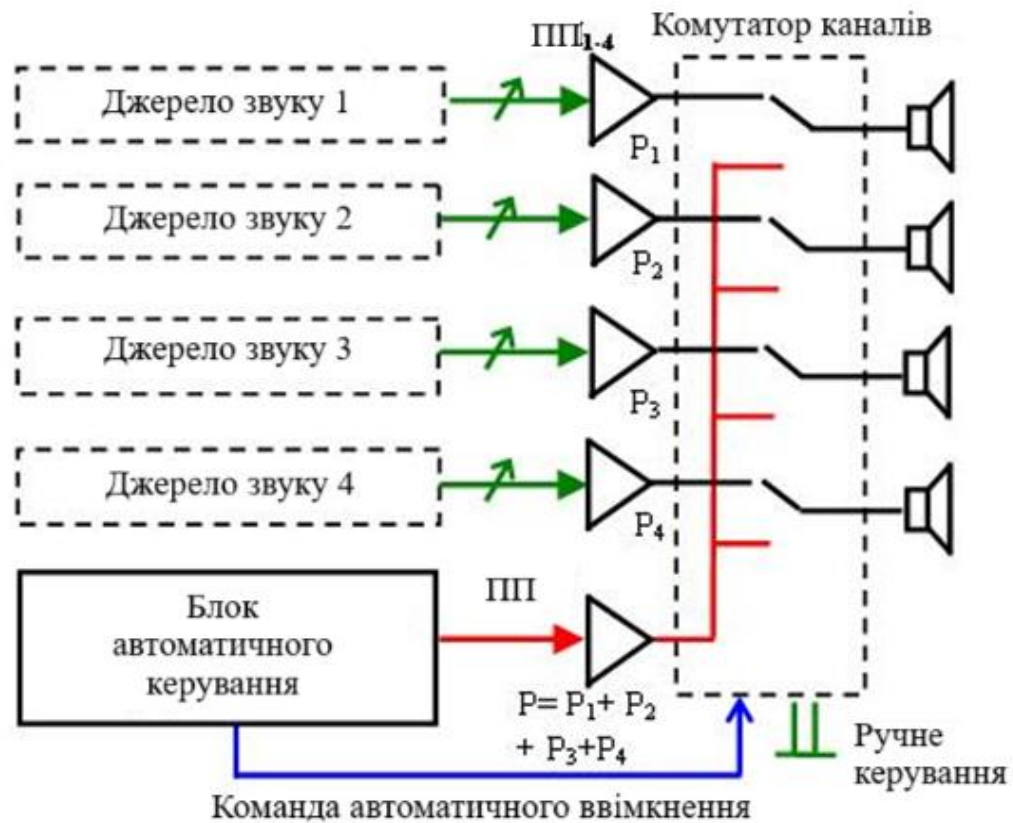


Рис. 1.14. Функціональна схема багатоканальної системи з можливістю примусового відключення

На рисунку зображена 5-ти канална система, в якій присутні 4 повноцінних регульованих канали (звукове джерело + ПП + лінія гучномовців) та один аварійний. Комутатор каналів побудований на 3-х позиційних реле, що керуються як вручну, так і автоматично. У нормальному режимі контакти реле з'єднують 100 В виходи трансляційних підсилювачів з потрібною лінією, в кожен з яких надходить незалежний звуковий (наприклад, музичний) сигнал від окремого джерела. Для аварійного режиму передбачений окремий (аварійний) підсилювач, що комутується до потрібного каналу блоком автоматичного управління, що відключає відповідне (канал) звукове джерело.

У цій реалізації потужність аварійного підсилювача повинна бути не нижчою від сумарної потужності всіх каналів.

1.5.4. Складний алгоритм оповіщення

При виникненні пожежі в будівлі можуть виникати позаштатні ситуації, в яких черговий оператор повинен мати можливість втрутитися в процес автоматичного оповіщення.

Складний алгоритм передбачає реалізацію кількох сценаріїв оповіщення про евакуацію з кожної зони залежно від місця виявлення пожежі. Залежно від ситуації черговий оператор повинен мати можливість втрутитись у процес оповіщення. Завдання організації кількох варіантів евакуації вирішується як організаційними (розробка планів евакуації), так і технічними засобами. Технічні засоби повинні мати можливість напіваавтоматичного та автоматичного керування: напіваавтоматичне – втручання оператора з метою коригування можливих шляхів евакуації, автоматичне – активація технічних засобів, що реалізують заздалегідь спланований алгоритм оповіщення.

Складний алгоритм може бути реалізований як апаратними, так і програмними засобами.

Приклад складного алгоритму. Нехай необхідно реалізувати алгоритм (сценарій) оповіщення для евакуації з 10 поверхової будівлі. Припустимо, стався спалах на N-му поверсі будівлі. У цьому випадку алгоритм може бути реалізований в такий спосіб. Спочатку сповіщається персонал будівлі. Персонал може призупинити алгоритм із метою з'ясування ситуації. За наявності загрози алгоритм продовжується. Далі оповіщується зона займання (N), потім послідовно поверхи 10, 9, ... N+2, N+1, потім поверхи N-1, N-2, 2, 1, після чого включається циркулярне оповіщення всіх зон. Загалом у цій програмі можна організувати до 3600 різних сценаріїв.

1.5.5. Розподілені системи оповіщення

Рівень завдань, розв'язуваних сучасними СО, крім перерахованих, вимагає від останніх реалізації таких функцій, як:

- інтегрованість;
- можливість координованого керування;

- контроль працездатності;
- протоколювання подій.

Реалізація даних та багатьох інших вимог накладає на СО додаткові вимоги. Як приклад можна навести СО 5 типу – систему з можливістю координованого централізованого управління з єдиного пожежного поста-диспетчерської всіма (технічними) системами (службами) будівлі, що захищається. Ефективне вирішення цього завдання забезпечується за повної інтеграції всіх технічних засобів (всього комплексу), що, своєю чергою, підвищує рівень безпеки людей. У сучасних умовах виконання цих вимог неможливе без цифрової реалізації, що є не самоціллю, а засобом оптимізації та уніфікації.

Під інтеграцією розумітимемо можливість об'єднання кількох незалежних систем, призначених для вирішення різних завдань, у єдину систему. В основі кожної повинні бути закладені уніфіковані принципи та методи обробки даних. У простішому сенсі, інтеграція – це оптимальне узгодження кількох систем.

Більшість із перелічених вище завдань можна вирішити цифроаналоговими засобами.

Інтерфейс RS-422 спочатку передбачає використання чотирижильної екранованої витієї пари, допускає з'єднання обмеженого числа передавачів і приймачів (до 5-ти передавачів і до 10-ти приймачів на кожен передавач). Екран у витій парі (RS-422) використовують як сигнальну землю, яка є обов'язковою. Інтерфейси RS-422/RS-485 були придумані для заміни RS-232 у тих випадках, коли RS-232 не задовольняв за швидкістю та дальністю передачі. RS-422, на відміну від RS-232, використовує балансний сигнал, який передається по збалансованій (симетричній) лінії, що є сигнальною землею і парою проводів (а не один, як у небалансному варіанті). RS-422 використовує роздільну пару проводів: одну пару для прийому, одну для передачі (і ще по одній парі на кожен сигнал контролю/підтвердження, втім, не завжди).

1.5.6. Розподілені системи оповіщення

Якщо потрібно побудувати єдину СО на великому об'єкті з територіально розкиданими ділянками чи будинками, необхідно використовувати розподілену

СО. Під розподіленими СО розуміються системи, які дозволяють дистанційно керувати та контролювати:

- вузли та елементи системи;
- окремі периферійні пристрої;
- повноцінні локальні системи.

Дані системи будуються з урахуванням цифрових технологій, що найбільш ефективні на великих територіях. Розподілені системи поєднують можливості багатозонних та багатоканальних систем, мають можливість централізованого (координованого) управління. Збір та аналіз інформації здійснюється з метою прийняття оптимальних рішень.

1.6 Актуальність задачі оцінювання РМ для систем громадського оповіщення

В усіх розглянутих вище варіантах обудови СО як основний інформаційний сигнал про виникнення надзвичайної ситуації використовується мовний чи голосовий сигнал, що являє собою голосове повідомлення, яке повинне бути однозначно донесене та сприйняте людьми чи персоналом, що перебуває в зоні дії СО. При цьому часто для підвищення ефективності технічних засобів оповіщення, зокрема підвищення випромінюваної гучномовцями потужності, проводиться попередня обробка таких сигналів, зокрема фільтрація, що передбачає подавлення високочастотних низькочастотних складових сигналу-повідомлення та підсилення середньо частотних складових. При цьому підвищення випромінюваної гучномовцями потужності проводиться за рахунок оптимального використання їхньої частотної характеристики, оскільки більшість гучномовців для СО містять значні спади в ділянках низьких та високих частот і підйом частотної характеристики в ділянці середніх частот. Коригування ж цих спадів шляхом підсилення відповідних ділянок в голосовому повідомленні призведе до значного підвищення споживаної потужності.

Таким чином, часто СО транслюють голосові повідомлення в ділянці саме середніх частот голосового сигналу. Але це в свою чергу разом із впливом

зовнішніх факторів значно впливатиме на якість того голосового повідомлення, яке будуть чути люди, для яких воно транслюється. Такими зовнішніми факторами можуть бути форми приміщень, де розташовані гучномовці. Так, в довгих коридорах спостерігатиметься ефект відлуння, накладання, подавлення високих частот. Також сюди можна віднести додаткове обладнання в приміщеннях, яке створює акустичний шум, чи шум людей, шум вулиці тощо. Усі ці і додаткові фактори значно спотворюватимуть сигнали повідомлення та впливатимуть на ступінь сприйняття оточуючими людьми таких повідомлень від СО.

В цьому плані важливим є контроль якості роботи СО з можливістю коригування параметрів чи характеристик голосових повідомлень для забезпечення надійного та однозначного їхнього сприйняття оточуючими людьми. Власне для цього і потрібно розробити новий чи обґрунтувати вибір відомого методу оцінювання РМ.

1.7 Висновки до розділу 1

Проведено аналіз суті та призначення систем громадського оповіщення. Метою роботи таких систем є забезпечення максимально швидкого інформування максимальної кількості людей про безпосередню небезпеку. Громадські (публічні) оповіщення здійснюються дистанційно шляхом використання електромеханічних сирен (зовні), мереж мовлення всіх частотних типів, систем телевізійного/мобільного зв'язку. Основна функція, яку виконує система оповіщення в аварійній ситуації, – це трансляція мовних повідомлень, спрямованих на запобігання паніці людей, та передача інформації про напрям руху для евакуації з будівлі.

Розглянуто різні варіанти організації та побудови систем оповіщення і встановлено, що в усіх розглянутих варіантах як основний інформаційний сигнал про виникнення надзвичайної ситуації використовується мовний чи голосовий сигнал, що являє собою голосове повідомлення, яке повинне бути однозначно донесене та сприйняте людьми чи персоналом, що перебуває в зоні дії системи

оповіщення. Однак ці голосові повідомлення часто спеціально піддаються додатковій обробці, а також можуть зазнавати зовнішніх впливів, зокрема через зміни зовнішньої акустичної обстановки тощо. Такі фактори значно спотворюватимуть сигнали повідомлення та вливатимуть на ступінь сприйняття оточуючими людьми таких повідомлень від системи оповіщення.

В цьому плані важливим є контроль якості роботи системи оповіщення з можливістю коригування параметрів чи характеристик голосових повідомлень для забезпечення надійного та однозначного їхнього сприйняття оточуючими людьми. Власне для цього і потрібно розробити новий чи обґрунтувати вибір відомого методу оцінювання РМ.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА.

2.1 Методи оцінювання якості мови

Мова, будучи природною опорою комунікації та найбільш універсальним інструментом людського спілкування, не тільки зберігає свою значущість у період активної еволюції сучасного суспільства, але й набуває ще більшої важливості, обумовленої постійним виникненням нових видів сервісу, заснованих на синтезі виняткових властивостей мови та зростаючих можливостей сучасних цифрових інфокомунікаційних технологій. Мовні повідомлення, як і раніше, становлять значну частку інформації, що циркулює в інфокомунікаційних системах.

Однією з найважливіших задач при їх проектуванні та експлуатації, поряд з економічністю та надійністю, є забезпечення високої якості передачі мовного сигналу (МС). Ефективність матеріальних витрат з проектуванням, створенням та експлуатацією систем передачі МС, залежить від підходу до питань нормування та оцінки якості.

Основними компонентами якості мовлення є гучність, розбірливість та натуральність (природність). Стосовно високоякісних каналів додаються ще дві компоненти, що підлягають врахуванню: впізнаваність диктора і низький рівень перешкод.

Різноманітність факторів, що впливають на якість відновленого (синтезованого) МС, а також різні вимоги абонентів до нього, призвели до появи різних методів його оцінки. До теперішнього часу ні одна з них не є універсальною, оскільки не задовольняє всім вимогам, які пред'являються до методів оцінювання якості передачі мови. Останні повинні:

- відповідати критеріям слухового сприйняття;
- дозволяти виразити якість звучання кількісно;

- мати інваріантність до типу оцінюваної системи передачі та виду спотворень МС;
- допускати вимірювання у процесі мовної комунікації, не порушуючи зв'язку;
- не перешкоджати автоматизації процесу вимірювання;
- дозволяти проводити експрес-аналіз, тобто отримувати достовірну оцінку протягом короткого відрізка часу;
- позбавляти необхідності використання експертів. Суб'єктивне оцінювання якості мови вимагає проведення великого числа артикуляційних випробувань, що спричиняє значних організаційних і часових витрат. Крім того, сильний вплив на результати суб'єктивного оцінювання мають умови проведення випробувань, рівень навколишнього шуму, психоемоційний стан аудиторів, ступінь тренуваності бригади та інші фактори. Це призводить до невисокої повторюваності результатів і певного розкиду отриманих суб'єктивних оцінок.

Об'єктивну оцінку якості мови отримують аналітичними методами або за допомогою апаратних засобів. Це забезпечує високу повторюваність результатів, однак, у цьому випадку не повною мірою враховуються особливості слухової системи людини. Крім того, об'єктивні методи оцінки якості мови менш універсальні, ніж суб'єктивні.

Теоретичне обґрунтування методів та засобів, а також методичне забезпечення оцінювання якості мовлення є важливою частиною методології проектування сучасних інфокомунікаційних систем.

2.2 Суб'єктивні методи

2.2.1. Метод артикуляційних випробувань

Терміном «артикуляція» в лінгвістиці описується робота мовних органів людини під час вимови звуків мови. Тому і метод оцінки якості мови, заснований на результатах аналізу «артикуляції» спеціально складених випробувальних

таблиць, що дозволяє визначити розбірливість елементів, що входять до випробувального тексту, називається «методом артикуляційних випробувань».

Мірою якості передачі мови в даному методі є величина розбірливості елементів мови, причому це поняття застосовується тут вже не в сенсі властивості мовного повідомлення, що передається (бути розбірливим, тобто зрозумілим або нерозбірливим), а в сенсі певної величини яка може бути однозначно виміряна або обчислена.

Залежно від того, які елементи мови передаються, виділяють звукову складову (і т.д.) розбірливість.

Крім зазначених видів розбірливості, які можуть бути безпосередньо виміряні, у техніці передачі мови використовується поняття про розбірливість формант А, яка не може бути одержана прямим виміром, так як неможливо передавати окремі форманти, але може бути обчислена, оскільки вимові властивий цілком певний формантний склад.

Виходячи із зазначеної властивості розбірливості, вона трактується як вірогідність правильного прийому елементів на даному тракті. Таким чином, виходить, що виміряне значення розбірливості $S_{\text{вим}}$ при певному обмеженому обсязі вимірювань перебуває у тому співвідношенні з його істинним значенням S , у якому частота настання події перебуває з його ймовірністю, тобто

$$S = S_{\text{вим}} + \varepsilon \quad (2.1)$$

де ε - абсолютна похибка вимірювання. Величина цієї похибки може бути доведена до будь-якого малого значення при зростанні загального обсягу переданих елементів. Практично виявляється, що вимірювання складової розбірливості матимуть похибку. $\varepsilon \leq 2\%$ при передачі близько 1500 складів.

Процес вимірювання розбірливості будь-якого виду полягає в тому, що передавальне та приймальне закінчення випробуваного тракту розміщуються в звукоізованих приміщеннях, в яких створюються нормальні для даної апаратури акустичні умови (рівні шумів), після чого диктор читає спеціально складені таблиці елементів мови, а оператор (аудитор) записує їх на призначені

для цього бланки, забезпечує достатній обсяг вимірювань, прийняті таблиці звіряються з переданими, і обчислюється відсоток правильно прийнятих елементів.

Методика проведення артикуляційних випробувань детально опрацьована, складені великі фонетично збалансовані таблиці артикуляції і визначені класи якості і норми РМ (табл. 2.1). Зазвичай визначається складова розбірливості, яка легко перераховується в словесну і фразову.

Артикуляційний метод дозволяє отримувати стійкі кількісні оцінки, реагує не тільки на розбірливість (як головна ознака якості), але певною мірою на гучність та рівень перешкод.

Таблиця 2.1

Класи якості мови

Класс якості	Характеристика класу якості	Норми слогової розборливості мови, %	
		для трактів з параметричним компандуванням	для трактів з кодифікацією хвилі мовного сигналу
Висший	Понимание передаваемой речи без малейшего напряжения внимания	> 93	> 80
I	Понимание передаваемой речи без затруднений	86 – 93	56 – 80
II	Понимание передаваемой речи с напряжением внимания без переспросов и повторений	76 - 85	41 - 55
III	Понимание передаваемой речи с некоторым напряжением внима- ния, редкими переспросами и повторениями	61 – 75	25 – 40
IV	Понимание передаваемой речи с большим напряжением, частыми переспросами и повторениями	45 - 60	< 25

Деяких із зазначених недоліків вдається уникнути під час використання іншого фізичного методу - вимірювання еквіваленту згасання по розбірливості.

2.2.2. Метод вимірювання еквівалента згасання

Метод вимірювання еквівалента згасання по розбірливості ґрунтується на зіставленні РМ на випробуваному тракті з РМ на спеціальному еталонному тракті.

Є еталонний вимірювальний тракт у складі передаючої і приймальної частин і магазину згасання, включеного між ними.

Якщо тепер замінити приймальну та передавальну частини еталонної системи відповідними частинами випробуваної системи (наприклад, передавальним та приймальним телефонними апаратами) і знову провести вимірювання звукової розбірливості при тих же значеннях згасання α , що й у першому випадку, то буде отримана залежність.

Далі задаються деякою контрольною величиною розбірливості, наприклад 80%, і визначають загасання α_1 і α_2 відповідні цьому значенню для еталонного і випробуваного трактів. Різниця між цими згасаннями, що виражається в децибелах і є загасанням, яке потрібно ввести в еталонну систему (або, навпаки, вивести з неї), щоб отримати ту ж розбірливість, що і на випробуваному тракті.

Так само, як і при вимірі еквівалента загасання по гучності, еквівалент загасання за розбірливістю може вимірюватися окремо для передавальної або приймальної частини випробуваної апаратури шляхом заміни відповідної частини системи на випробувану апаратуру.

Головна перевага методу в порівнянні зі звичайним методом вимірювання розбірливості полягає в тому, що виключаються або, принаймні, зводяться до незначної величини похибки, пов'язані з недостатньою тренуваністю вимірювальної бригади, знижується час, що відводиться на тренування і самі виміри. Однак необхідність мати спеціальний вимірювальний тракт, неможливість отримання узагальненої характеристики якості передачі та автоматизації процесу оцінювання зменшує можливість широкого застосування розглянутого методу.

2.2.3. Метод вибору

Метод вибору для виміру розбірливості полягає в передачі пов'язаних, хоча і позбавлених сенсу, фраз з п'яти слів, перші два з яких є вступними, а решта три – випробувальними, і зіставленні почутих слів із подібними за звучанням словами, представленими у спеціальних таблицях.

У зв'язку з безперервним зростанням вимог абонентів до якості звучання відновленого МС з точки зору можливості передачі системами телефонії не

тільки смислової, а й естетичної інформації, оцінка якості, визначена за будь-яким окремо взятим показником, була наближеною і не враховувала абонентську оцінку. Для усунення цього недоліку було запропоновано визначати інтегральну якість, оцінка показника якого виражалася в балах і характеризувала загальне враження слухача від мови, що приймається.

2.3. Об'єктивні методи

Об'єктивні методи використовують деякі формалізовані параметри, що дозволяють судити про ступінь відмінності між вихідним та відновленим МС. Об'єктивні вимірювання ефективні з погляду ціни та повторюваності результатів, дозволяють досліднику отримати швидку та надійну оцінку якості безпосередньо в процесі розробки системи передачі мови. Оцінка міри спотворення МС може проводитись у часовій та частотній областях, за допомогою методів психоакустичного аналізу та комбінованих методів.

2.3.1. Методи часового аналізу

Найбільш загальним та простим виміром спотворень у часовій області є середньоквадратична помилка (СКП), яка визначається як

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x(i) - y(i))^2, \quad (2.2)$$

де $x(i)$ і $y(i)$ - i -е відліки вихідного та відновленого МС;

N - загальна кількість відліків у досліджуваному мовному фрагменті.

Популярність міри СКП пов'язана з її простотою. У виразі (2.2) допускається, що спотворення, що вносяться кожним елементом вектора x , мають рівну вагу. У загальному випадку для відображення вкладу окремих елементів у спотворення вводяться нерівні ваги у вигляді матриці. Зазначений метод дозволяє лише порівняти форму огинаючих вихідного та відновленого МС.

Тому для кількісної оцінки якості звучання відновленого МС у часовій області частіше використовують критерій відношення СШ (SNR):

$$SNR = 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^N x^2(i)}{\sum_{i=1}^N (x(i) - y(i))^2}, \quad (2.3)$$

де $x(i)$ та $y(i)$ - i -Q відліки вихідного та відновленого МС; N - загальна кількість відліків у досліджуваному мовному фрагменті.

Відношення СШ враховує загальні потужності сигналу та шуму на всій тривалості випробувального сигналу. При дослідженні деяких кодеків МС велике значення мають короточасні відношення СШ, обчислені на коротких мовних сегментах. Таким чином враховується сегментний характер слухового сприйняття елементів мови. В результаті для оцінки якості передачі мови запропонована більш коректна оцінка, що отримала назву сегментного відношення СШ:

$$SNR_{seg} = \frac{10}{M} \sum_{m=0}^{M-1} \lg \sum_{i=N_m}^{N_m+N-1} \left(\frac{x^2(i)}{(x(i) - y(i))^2} \right) \quad (2.4)$$

де $x(i)$ і $y(i)$ - обчислені на t -му сегменті відліки вихідного та відновленого МС; N -довжина сегмента; M -число сегментів у мовному фрагменті.

Можна виділити сегментне відношення СШ як більш точну міру спотворень порівняно зі СКП та відношенням СШ. Однак наведені критерії об'єктивного методу оцінювання в основному відображають ступінь зашумленості МС і показують слабку кореляцію з результатами суб'єктивних тестів. До того ж, якщо якість кодерів форми мовної хвилі може бути оцінена за ступенем відповідності форми огибаючої відновленого МС за допомогою названих критеріїв, то для алгоритмів низькошвидкісного параметричного стиснення точне відновлення форми сигналу є складним завданням. Тоді оцінювання якості звучання синтезованого МС в часовій області мало застосовні.

На додаток можна відзначити, що у разі застосування низькошвидкісних систем кодування МС на основі лінійного передбачення слуховий апарат людини більш чутливий до частотних спотворень, що виникають при цьому, ніж до амплітудних і фазових.

2.3.2. Методи частотного аналізу

Для того щоб оцінка якості звучання МС відображала критерії слухового сприйняття, принципи її формування повинні бути засновані на аналізі спектрально-кореляційних характеристик МС. Критерій оцінки якості звучання відновленого МС в частотній області враховує сегментно-спектральний характер слухового сприйняття МС та отримав назву сегментно-спектральної міри:

$$L = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \lambda(i) l(i), \quad (2.5)$$

де $\lambda(i)$ - міра спектральної нерівномірності МС на i -му сегменті аналізу; $l(i)$ - міра субсмугових спотворень МС на i -му сегменті аналізу; N_c - число сегментів у мовному фрагменті. До недоліків методу слід віднести значні обчислювальні витрати та необхідний великий обсяг мовного матеріалу.

Перспективними з погляду оперативної оцінки якості звучання синтезованого МС у процесі розробки систем кодування мовної інформації є заходи, що вимірюють різницю між спектрами вихідного $Y(f_n)$ і синтезованого $X(f_n)$ МС.

Найбільш популярні заходи спотворень отримали назву відстань Ітакури-Саїто (ISD), кепстральна відстань (CD), спотворення спектру (SD), кореляція порушення спектру (ESC) та спотворення фазового спектру (SPD). Міра ISD має вигляд

$$ISD = \frac{1}{N_d} \sum_{n=1}^{N_d} \left(\frac{|X(f_n)|}{|Y(f_n)|} - \log \frac{|X(f_n)|}{|Y(f_n)|} - 1 \right), \quad (2.6)$$

де $X(f_n)$ – спектр вихідного МС; $Y(f_n)$ – спектр синтезованого МС; N_d - число сегментів у мовному фрагменті.

Кепстральна відстань CD визначає різницю між спектральними огинаючими вихідного і синтезованого сигналу, заснована на кепстральних коефіцієнтах, що розраховуються за параметрами лінійного передбачення, і має вигляд

$$CD = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^Q (C_{m,n} - C'_{m,n})^2 \quad (2.7)$$

де $C_{m,n}$ і $C'_{m,n}$ - кепстри сегментів вихідного та синтезованого МС; M - число сегментів у мовному фрагменті; Q - число кепстральних коефіцієнтів.

Спотворення спектра SD характеризує різницю спектрів декодованого та вихідного МС і визначається як

$$SD = \frac{10}{N_d} \sum_{n=1}^{N_d} [\log_{10}|Y(f_n)| - \log_{10}|X(f_n)|], \quad (2.8)$$

де $X(f_n)$ - спектр вихідного сигналу; $Y(f_n)$ - спектр синтезованого сигналу;

Кореляція зрушення спектру ESC розраховується шляхом порівняння МС спектральної області:

$$ESC = \frac{\left(\sum_{n=1}^{N_d} |Y(f_n)| \cdot |X(f_n)| \right)^2}{\sum_{n=1}^{N_d} |Y(f_n)|^2 \cdot \sum_{n=1}^{N_d} |X(f_n)|^2}, \quad (2.9)$$

де $X(f_n)$ – спектр вихідного сигналу; $Y(f_n)$ - спектр синтезованого сигналу; N_d – кількість відліків МС.

Оцінка спотворення фазового спектру SPD характеризує різницю у фазах спектрів декодованого та вихідного МС:

$$SPD = \frac{1}{N_d} \sum_{n=1}^{N_d} (\mathcal{Q}_x(f_n) - \mathcal{Q}_y(f_n))^2, \quad (2.10)$$

де $\mathcal{Q}_x(f_n)$ і $\mathcal{Q}_y(f_n) \sim$ фазові спектри вихідного та декодованого МС; N_d – кількість відліків дискретного РС.

Головним недоліком зазначених методів є залежність значень коефіцієнтів кореляції між об'єктивними та суб'єктивними оцінками від типу та швидкості передачі системи кодування. Крім того при аналізі мови даними методами слід враховувати, що при введенні спотворень у вигляді скорочення частотного діапазону декодованого МС оцінка якості звучання відновленої мови стає неспроможною внаслідок відмінності кількості відліків спектрів вихідного та декодованого МС.

Для оцінки якості мови можна використовувати фонетичну функцію, запропоновану А. А. Пироговим. Фізичний сенс фонетичної функції полягає у оцінці зміни спектральної динаміки мови. Відповідно до цієї концепції фонемі різняться, перш за все, змінами спектрального розподілу.

Функція відчуття спектральної динаміки має вигляд:

$$P_H(\omega, t) = P_2(\omega, t) - P_1(\omega, t) = C \left[\int_0^\infty \exp\left(\frac{-\tau}{T}\right) \cdot \lg\left(\frac{S_2(\omega, t)}{S_2(\omega, t - \tau)}\right) d\tau - \int_0^\infty \exp\left(\frac{-\tau}{T}\right) \cdot \lg\left(\frac{S_1(\omega, t)}{S_1(\omega, t - \tau)}\right) d\tau \right], \quad (2.11)$$

У дискретному вигляді вираз матиме вигляд:

$$P_H(f_n, N_{seg}) = P_2(f_n, N_{seg}) - P_1(f_n, N_{seg}) = \sum_{m=2}^M \sum_{n=0}^{N_{seg}} \lg\left(\frac{|Y(f_n, m \cdot N_{seg})|}{|Y(f_n, mN_{seg} - n)|}\right) - \sum_{m=2}^M \sum_{n=0}^{N_{seg}} \lg\left(\frac{|X(f_n, m \cdot N_{seg})|}{|X(f_n, mN_{seg} - n)|}\right), \quad (2.12)$$

де $X(f_n, mN_{seg})$ і $Y(f_n, mN_{seg})$ - спектри m -го сегмента з довжиною N_{seg} вихідного та декодованого МС, $X(f_n, m(N_{seg} - n))$ і $Y(f_n, m(N_{seg} - n))$ - спектри m -го сегмента з довжиною N_{seg} , зсунутого на величину n , вихідного та декодованого МС.

Метод визначення індексу розбірливості мови SII (, запропонований американськими вченими як подальший розвиток методу AI, передбачає різне число та розмір частотних смуг, в яких визначається відношення СШ для визначення сумарного коефіцієнта SII.

Даний метод забезпечує дещо кращу кореляцію з оцінками, отриманими у суб'єктивно-статистичних випробуваннях у порівнянні з методом AI, що обумовлено врахуванням ефектів слухової перцепції аудиторною системою людини.

Найбільш опрацьованим і розширеним варіантом методу об'єктивного оцінювання РМ є метод на основі спектрального індексу артикуляції мови.

У зазначеному методі для кожної частотної лінії визначаються:

- ваговий коефіцієнт, що характеризує ймовірність наявності формант мови в даній смузі;
- коефіцієнт сприйняття формант слуховим апаратом людини, що представляє собою ймовірну відносну кількість формантних складових мовлення, які матимуть рівні інтенсивності вище за порогове значення;
- спектральний індекс артикуляції (розуміння) мови, що представляє собою інформаційну вагу спектральної смуги частотного діапазону мови.

На основі розрахованих параметрів визначається інтегральний індекс артикуляції мови, за яким за допомогою графіка залежності або з аналітичного співвідношення знаходяться складова S_n словесної W РМ.

Цей метод забезпечує кращі порівняно з розглянутими раніше методами об'єктивного оцінювання РМ показники відповідності суб'єктивним оцінкам.

Слід зазначити, що, як й у суб'єктивних методів, об'єктивна оцінка якості мови лише за одним показником явно недостатня і необхідні методи, що

дозволяють отримати комплексну оцінку якості звучання відновленої мови з урахуванням її розбірливості, впізнаваності, природності звучання голосу. Різноманітність методів оцінювання, а також суперечливість оцінок якості мовлення в умовах впливу шумів та перешкод у каналі зв'язку, визначили необхідність розробки узагальненої інтегральної оцінки.

2.3.3. Методи психоакустичного аналізу

Перспективними є психоакустичні методи та критерії оцінювання якості звучання відновленого МС, засновані на моделях слуху людини. Зазначені методи спрямовані на імітацію за допомогою технічних та програмних засобів алгоритму слухової перцепції людини. Більшість методів психоакустичного аналізу для оцінки якості звучання МС засновані на порівнянні вихідного (неспотвореного) МС та спотвореного вихідного сигналу системи передачі мови. Мірою оцінки якості є різниця між «внутрішніми уявленнями» обох сигналів, які формуються за допомогою функцій від параметрів сприйняття.

2.4 Розбірливість мови і методи її вимірювання

РМ - відношення кількості вірно сприйнятих мовних сегментів до повної кількості переданих сегментів.

Під час тестування окремої системи частка правильних оцінок для передбачуваних повідомлень завжди вища, ніж для непередбачуваних повідомлень, тому всі вони представлені різними числами.

Рівні передбачення вищі під час прослуховування фраз, ніж під час прослуховування окремих повідомлень.

Проаналізуємо загальні принципи оцінювання РМ.

Метод артикуляції при визначенні розбірливості базується на встановленні досягнення основної вимоги щодо сприйняття переданого мовлення.

Міра розбірливості представляє собою відношення множини правильно сприйнятих ділянок мовлення до достатньо значної множини переданих елементів, виражене у %.

Обчислення виконує підібрана та навчена команда.

Тест складається з подання серії таблиць з сегментами мовлення, фіксації початкового % та % правильно розібраних командою сегментів.

Таблиця 2.2

Залежність розбірливості вимови

Зрозумілість	Розбірливість, %			
	Складова (S)	Формантна (A)	Словесна (W)	Фразова (J)
Гранично допустима	25-40	15-22	75-87	91,5-96,5
Задовільна	40-50	22-31	87-93	96,5-98
Хороша	50-80	31-50	93-98	98-99
Відмінна	80 і вище	50 і вище	98 і вище	99 і вище

Відповідно до використовуваної артикуляційної таблиці (склади, слова, фрази) розрізняють:

- розбірливість звуків - D;
- розбірливість складів - S;
- розбірливість слів - W;
- розбірливість фраз - J

Якщо є достатньо велика кількість вимірювань, то ефекти з них усереднюються, і артикуляційне вимірювання забезпечує стабільний, об'єктивний і унікальний результат.

Оцінка чіткості, отримана за такого вимірювання, є ознакою якості досліджуваної ділянки.

Оскільки перенесені склади не мають семантичного значення, вплив суб'єктивних факторів значною мірою виключається.

Для окремої мови всі типи розбірливості, тобто звуків - D, складів - S, мови - W і фраз - J, дорівнюють $S = f(D)$, $W = f(S)$, $J = f(W)$, вони не змінюються для будь-яких фактично існуючих умов передачі.

З того факту, що існує чітка залежність між типами розбірливості, такими як D, S, W і J, які вимірюються безпосередньо в артикуляційних таблицях, можна констатувати наступне.

Вимірювання в різних типах таблиць абсолютно не доповнюють одне одного. Однак вони просто еквівалентні між собою. Відповідно, не всі типи розбірливості потрібно вимірювати. Достатньо виміряти лише одну з них, решту ж величин можна знайти за допомогою відповідних співвідношень або діаграм.

Наведені експериментальні дослідження показали наступні залежності між різними видами розбірливості української та англійської мови (рис. 2.2-2.6):

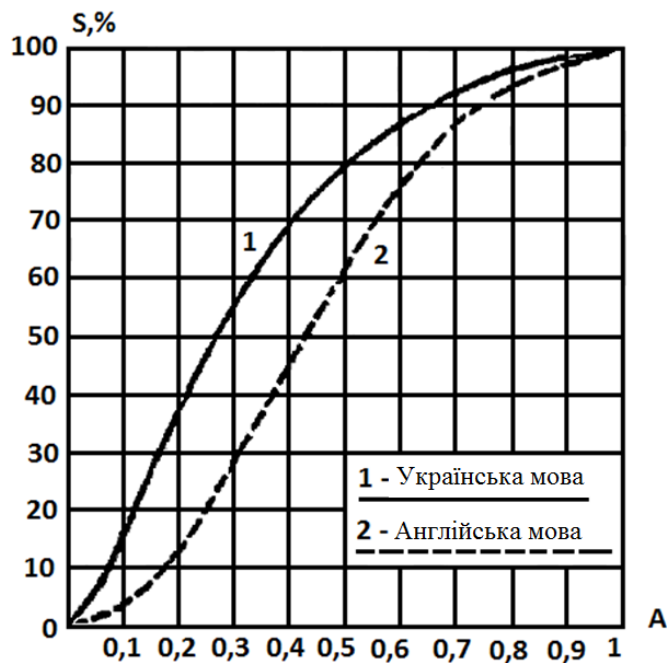


Рис. 2.2. Залежність S від A

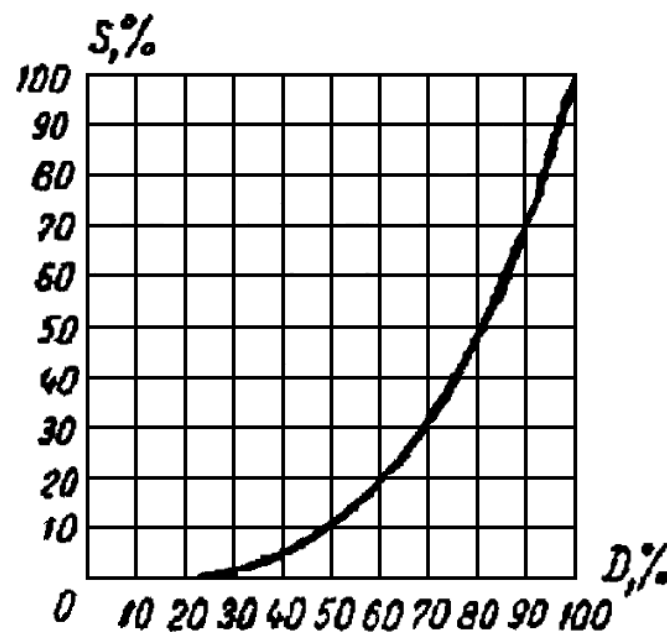


Рис. 2.3. Залежність S від D

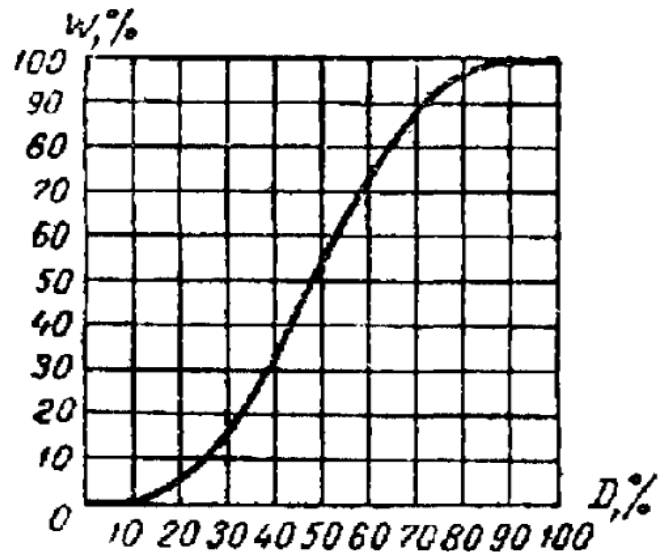


Рис. 2.4. Залежність W від D

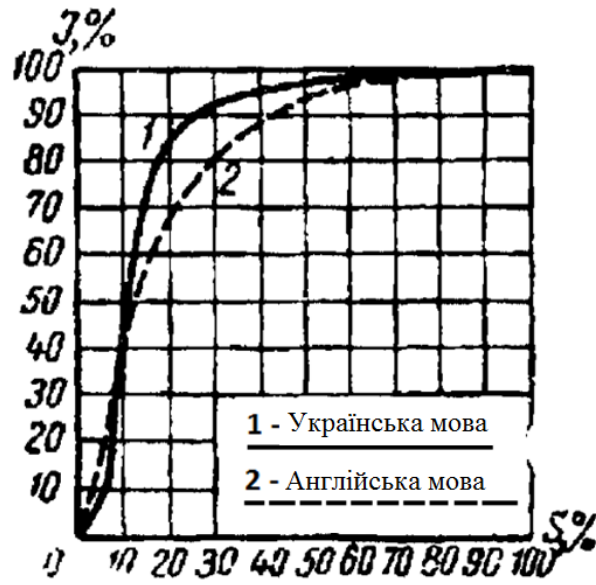


Рис. 2.5. Залежність J від S

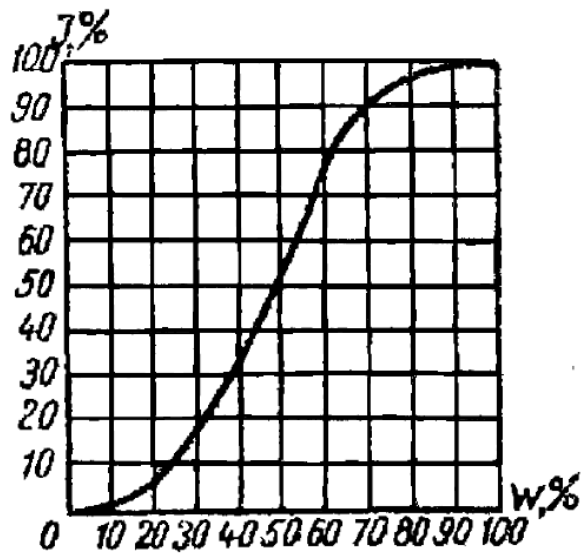


Рис. 2.6. Залежність J від W

2.5 Загальні відомості про способи встановлення РМ

В даний час налічується кілька десятків методів розрахунку і вимірювання РМ.

Методи вимірювання РМ можна умовно подати у наступному вигляді:

1) Суб'єктивні:

- чисто суб'єктивний метод;
- об'єктивізований;
- тональний;

2) Об'єктивні:

- формантний:
 - AI (Індекс артикуляції);
 - SII (Індекс РМ);
- Модуляційні:
 - STI (Індекс передачі мови);
 - RASTI (Швидкий STI);
 - STIPA;
- Емпіричні:
 - ALcons (Оцінка втрат артикуляції приголосних);

Пара диктор-аудитор виконують визначення РМ суто суб'єктивно.

Диктор зачитує текст, а тестувальник на приймаючій стороні фіксує текст на паперовій шкалі.

Мінусом методу є те, що мовленнєві та слухові особливості тестованого неодмінно впливають на результати.

Найпоширенішим способом об'єктивації вважається спосіб репрезентації.

Перед початком робляться умови стосовно рівня шуму на досліджуваному каналі.

Учасниками є декілька слухачів, а диктор читає спеціально складену складограму (артикуляційну схему).

Аудитор записує те, що він чує, і порівнює це з діаграмою диктора в кінці трансляції.

Відзначимо, що при більшій кількості продиктованих і відповідно прийнятих складів вплив різних чинників усереднюється. Вплив факторів ще більше усереднюється, якщо в випробуваннях беруть участь різні групи дикторів і аудиторів. В цьому і полягає об'єктивізованість артикуляційного методу. Отримати об'єктивні результати допомагає начитка саме звукосполучень, які не мають смислового навантаження, так як при прийомі слів або фраз можна додумати і відновити спотворений трактом елемент.

Перевагами методу є:

- універсальність (метод можна застосовувати до будь-якого типу тракту);
- простота (метод не вимагає у операторів спеціальних технічних знань)

Недоліками методу є:

- громіздкість процедури вимірювань (потрібні значні витрати часових, матеріальних і людських ресурсів);
- створення артикуляційних таблиць (з кожним новим типом таблиць результати вимірювань відрізняються);
- не піддається автоматизації;
- людський фактор (вплив на результат особливостей мови і слуху)

2.6 Об'єктивні методи визначення розбірливості

Розглянемо найпростіший об'єктивний метод.

По-перше, рівень шуму генерується на приймальному кінці досліджуваного шляху залежно від умов експлуатації. Потім оцінюється величина шуму на для штучного вуха для граничного діапазону звукових частот. Цю величину шуму необхідно занотувати. Потім замість шуму до входу в трубопровід подається звуковий сигнал. Значення сили звуку мікрофона вибирається з врахуванням того, щоб розподіл звукового тиску відповідав кривій формантного спектру. Крім того, шляхом регулювання затухання ми забезпечуємо відповідність рівня аудіосигналу занотованому рівню шуму. Результати вимірювань є фактичними значеннями регулятора демпфування.

Деякі об'єктивні способи зведені на рис.2.7.

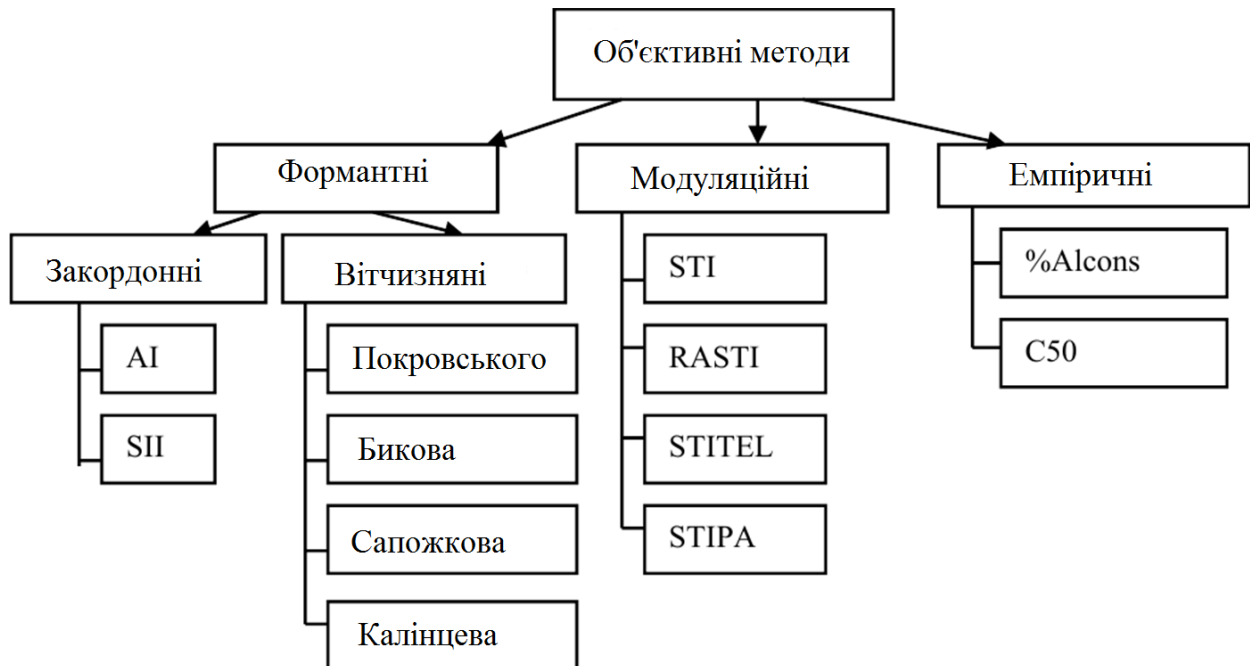


Рис. 2.7. Об'єктивні методи визначення РМ

Так звані «об'єктивні» методи використовують технічні засоби генерації голосу та його реєстрації.

Як бачимо, цей метод виключає людей з процесу вимірювання РМ.

Зауважмо, засіб реєстрації голосу є поширеним пристроєм у технології акустичних вимірювань, який використовується для тестування телефонів з характеристиками, близькими до природного вуха людини.

Об'єктивні методи більш точні та швидші, ніж тональні методи, і не вимагають оператора (диктора чи аудитора).

Також, об'єктивні методи дозволяють автоматизувати сучасні комп'ютерні вимірювальні процеси.

РМ визначається на основі спеціальних вимірювальних експериментів з використанням мовних сигналів у вигляді тонів і шумів.

У цьому експерименті рівень відчуття вимірюється в кількох діапазонах частоти.

Враховуючи основні переваги об'єктивних методів і основну схожість вищезазначених методів, тепер об'єктивні методи можна використовувати з деякими модифікаціями як для оцінки якості, так і для оцінки ефективності каналів зв'язку.

2.6 Висновки до розділу 2

В розділі проаналізовано передумови та підходи до визначення РМ.

Насамперед виділено та проаналізовано способи вимірювання якості мови. Проаналізовано методи вимірювання РМ, зокрема за співвідношеннями між зрозумілістю для слухачів мовного повідомлення та складовою, формантною, словесною та фразовою розбірливістю.

Проаналізовано основні поширені методи вимірювання розбірливості та за основу розроблення власного методу використано групу методів об'єктивного оцінювання, що виключають вплив людського фактора на результати вимірювань шляхом використання технічних засобів відбору та аналізу мовних повідомлень, ареєстрованих після випромінювання їх гучномовцями систем оповіщення.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.

3.1 Планування етапів експериментальних досліджень

Припустимо, що МС попередньо вводять в комп'ютер за допомогою звукової карти. Параметри МС - пікова напруга не вище 1 В, тривалість - від декількох одиниць до декількох десятків секунд. Режим введення МС: моно, частота дискретизації 11025 Гц.

Контрольовані параметри:

1) відношення СШ в усій смузі частот $SNR = 10 \lg \frac{D_s}{D_n}$, де D_s і D_n - дисперсії сигналу і шуму, відповідно;

2) генерована завада є білим, рожевим шумом (спад спектра потужності зі швидкістю 3 дБ / октаву), коричневим шумом (спад спектра потужності зі швидкістю 6 дБ / октаву).

Вимірювані параметри:

1) часткові відношення СШ після гребінки фільтрів, що перекривають частотний діапазон МС;

2) артикуляційна чіткість мови;

3) словесна розбірливість мови.

Приклад послідовності кроків експерименту подано на рис. 3.3.

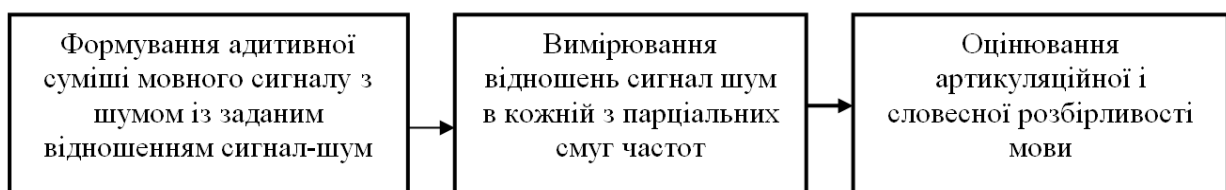


Рис. 3.3. Послідовність кроків експерименту

3.1.1 Формування адитивної суміші МС з шумом

Схема формування адитивної суміші МС з шумом приведена на рис.3.4.

У схемі на рис.3.4 коефіцієнт $k = 10^{0.05(SNR_0 - SNR)}$ здійснює коригування рівня МС для потрібного відношення СШ SNR_0 .

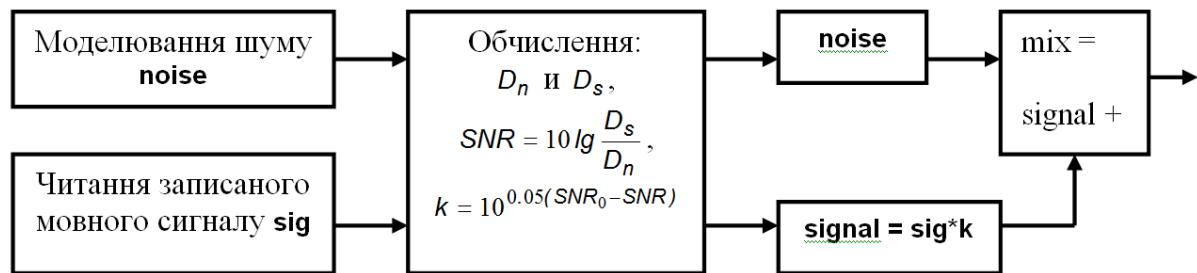


Рис. 3.4. Схема утворення суми МС з шумом

Формування шуму проводиться в Simulink (рис.3.5), при цьому тривалість генерованого відрізка шуму повинна такою ж як і МС.

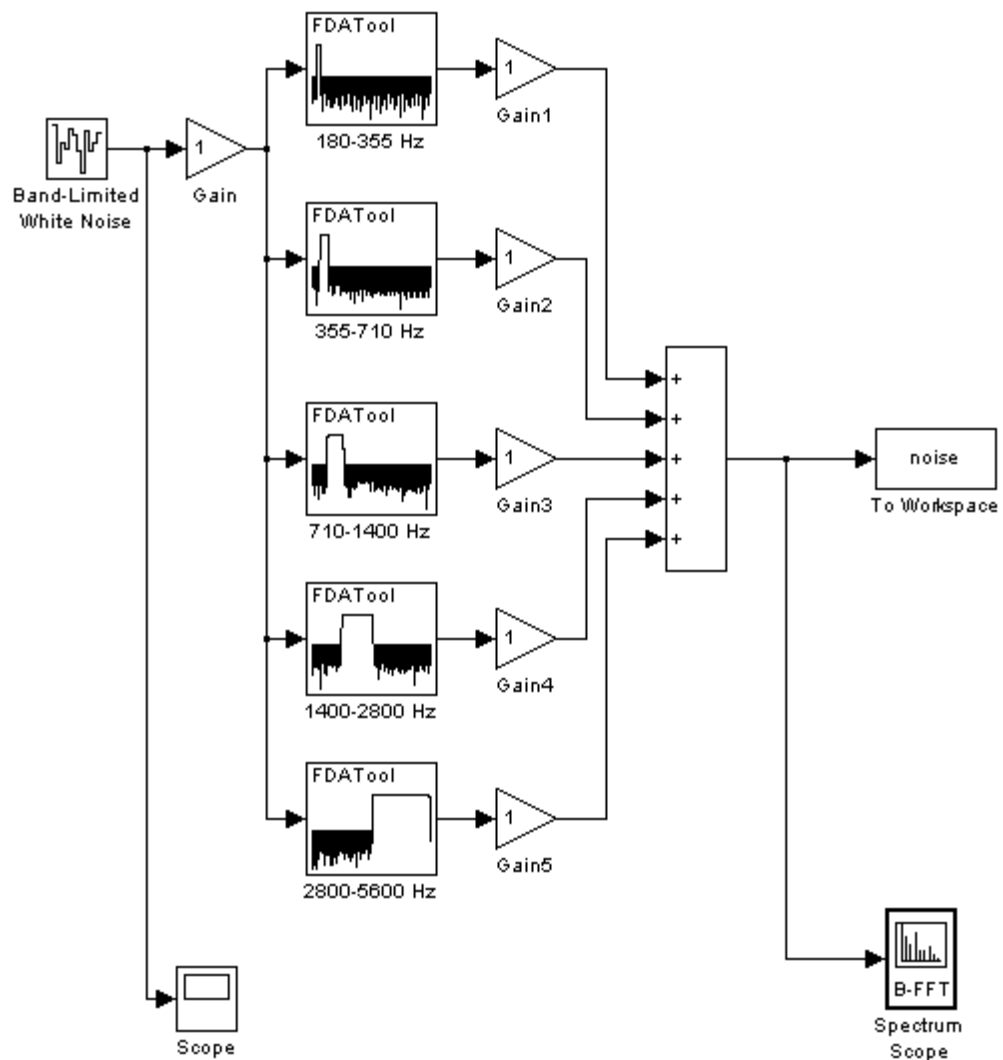


Рис. 3.5. Формування шуму

Наведені вище схеми і алгоритми універсальні в тому сенсі, що придатні як для білого (БШ), так і для забарвлених шумів. Приклади генерованого шуму та суміші його із сигналом з різним SNR відображені на рис. 3.6-3.10.

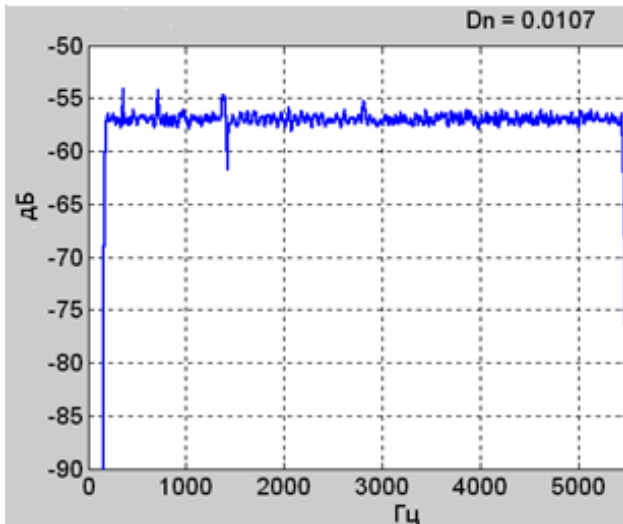


Рис. 3.6. Спектр БШ

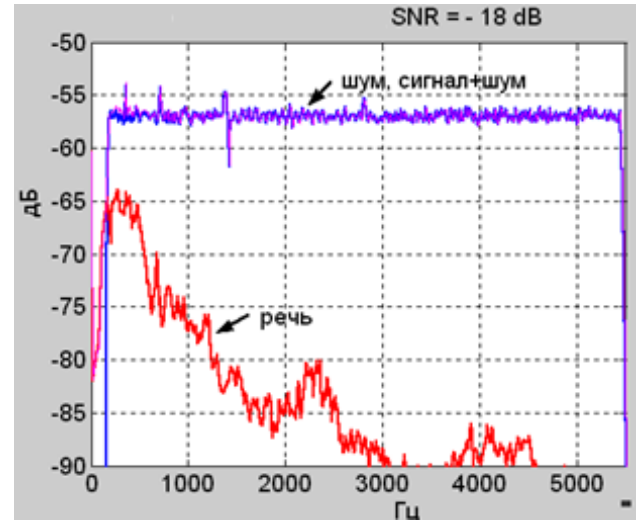


Рис. 3.7. Спектри БШ, МС та їх суми при SNR = - 18,7 дБ

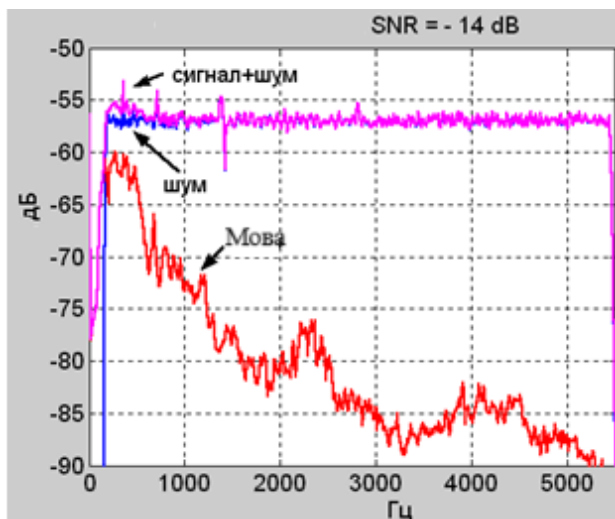


Рис. 3.8. Спектри БШ, МС та їх суми при SNR = - 14,7 дБ

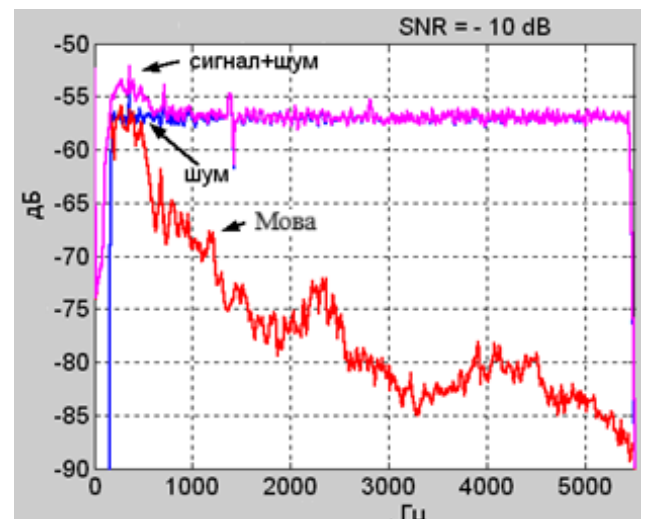


Рис. 3.9. Спектри БШ, МС та їх суми при SNR = - 10,7 дБ

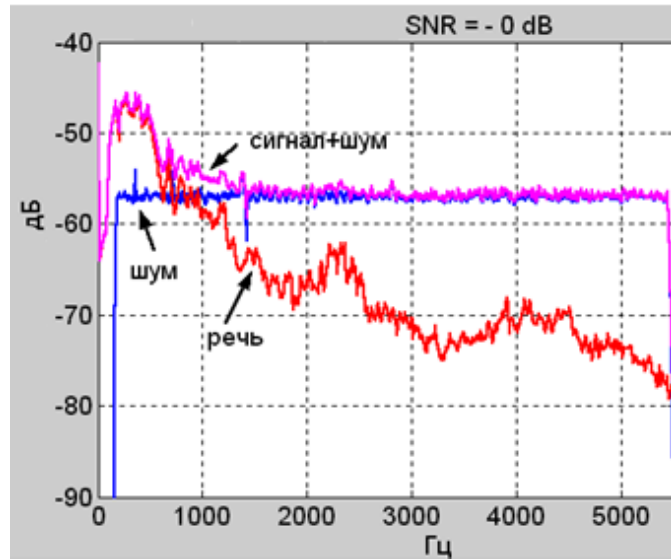


Рис. 3.10. Спектры БШ, МС та їх суми при $\text{SNR} = -0,7 \text{ дБ}$

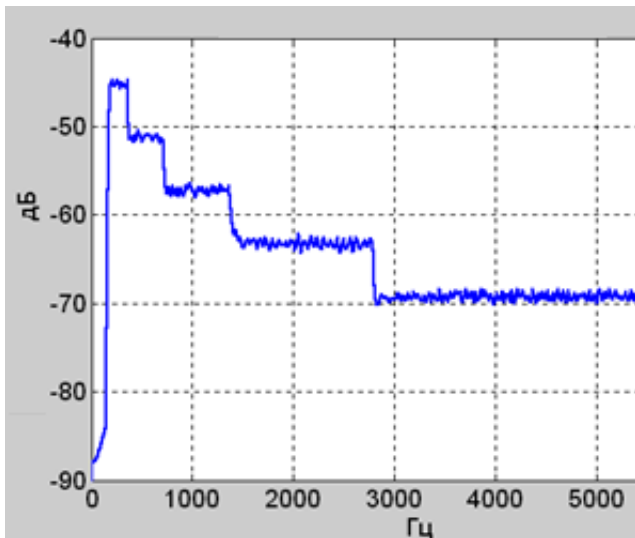


Рис. 3.11. Спектр КШ

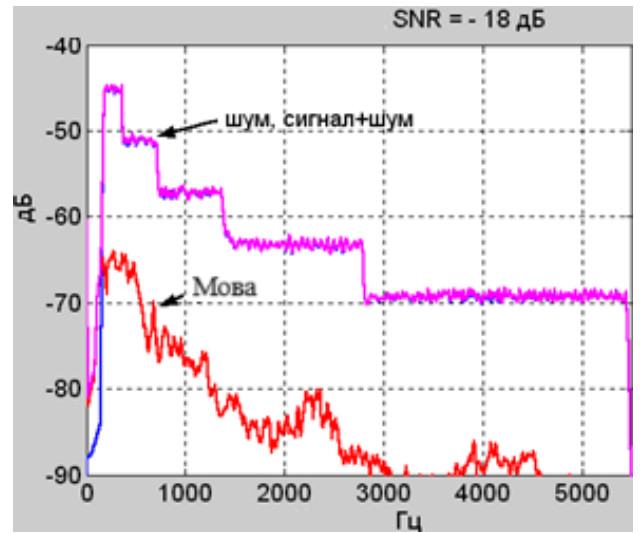


Рис. 3.12. Спектры КШ, МС та їх суми при $\text{SNR} = -18,7 \text{ дБ}$

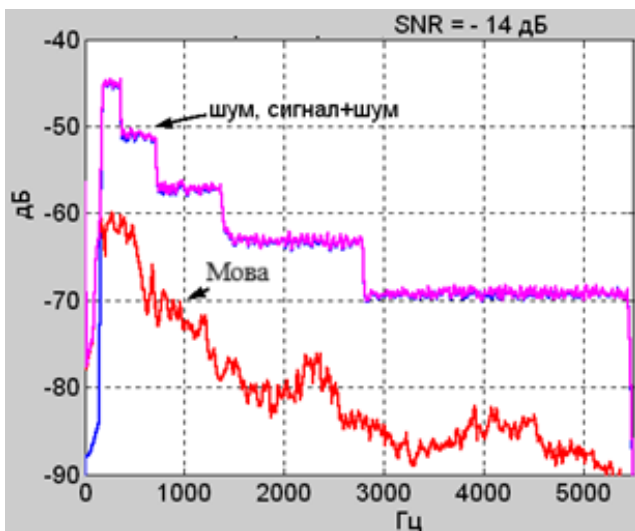


Рис. 3.13. Спектры КШ, МС та їх суми при $\text{SNR} = -14,7 \text{ дБ}$

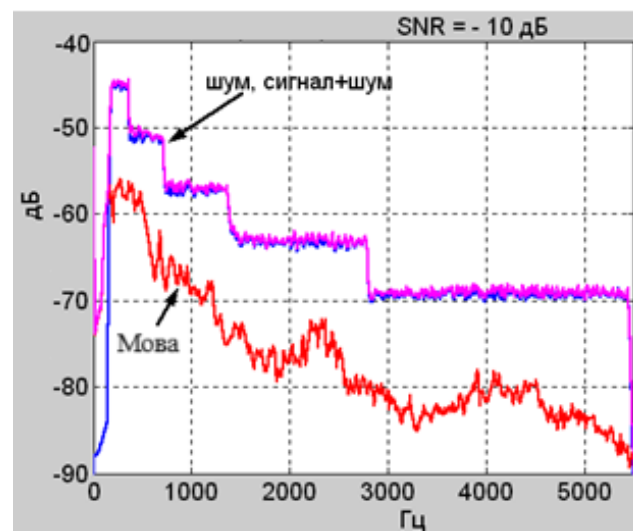


Рис. 3.14. Спектры КШ, МС та їх суми при $\text{SNR} = -10,7 \text{ дБ}$

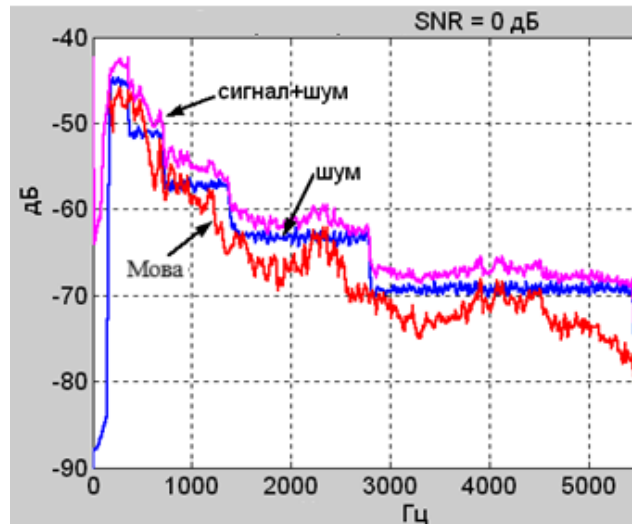


Рис. 3.15. Спектри КШ, МС та їх суми при $\text{SNR} = -0,7 \text{ дБ}$

3.1.2 Знаходження відношення СШ в часткових каналах

Блок схема визначення часткових відношень СШ представлена на рис. 3.21-3.23.

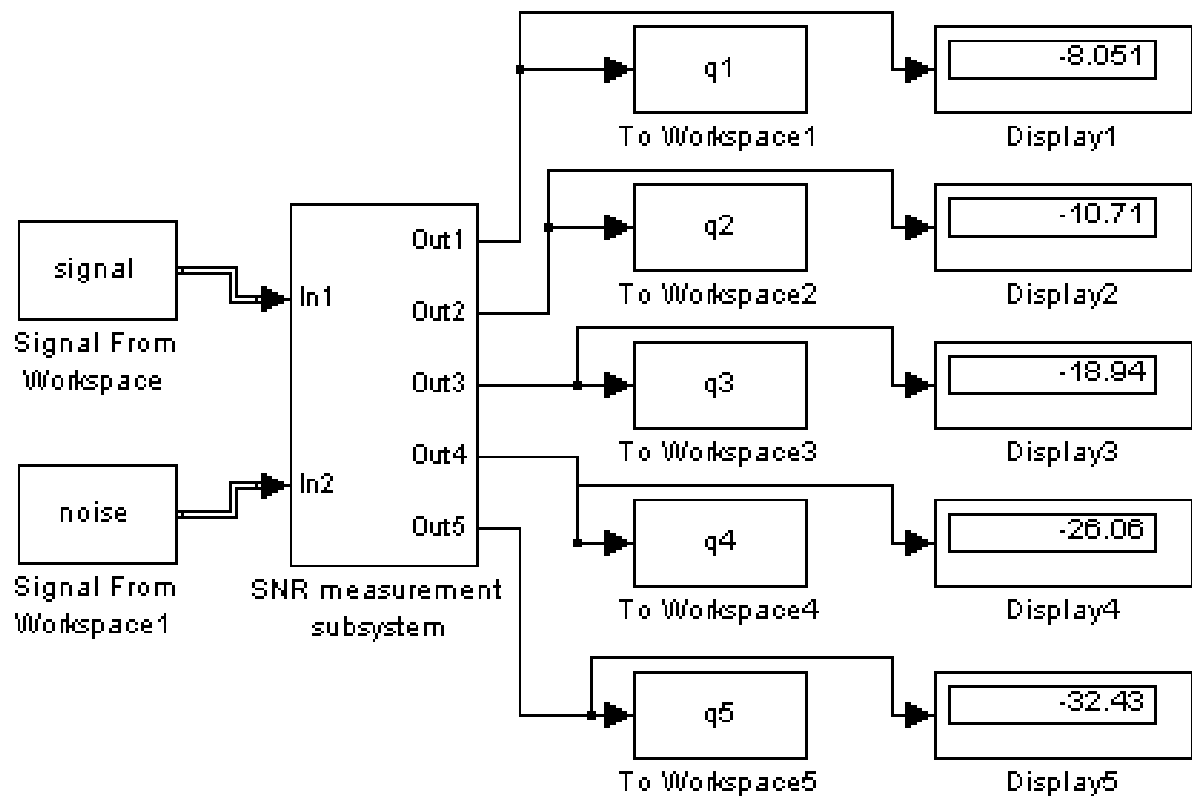


Рис. 3.21. Блок схема визначення часткових відношень СШ

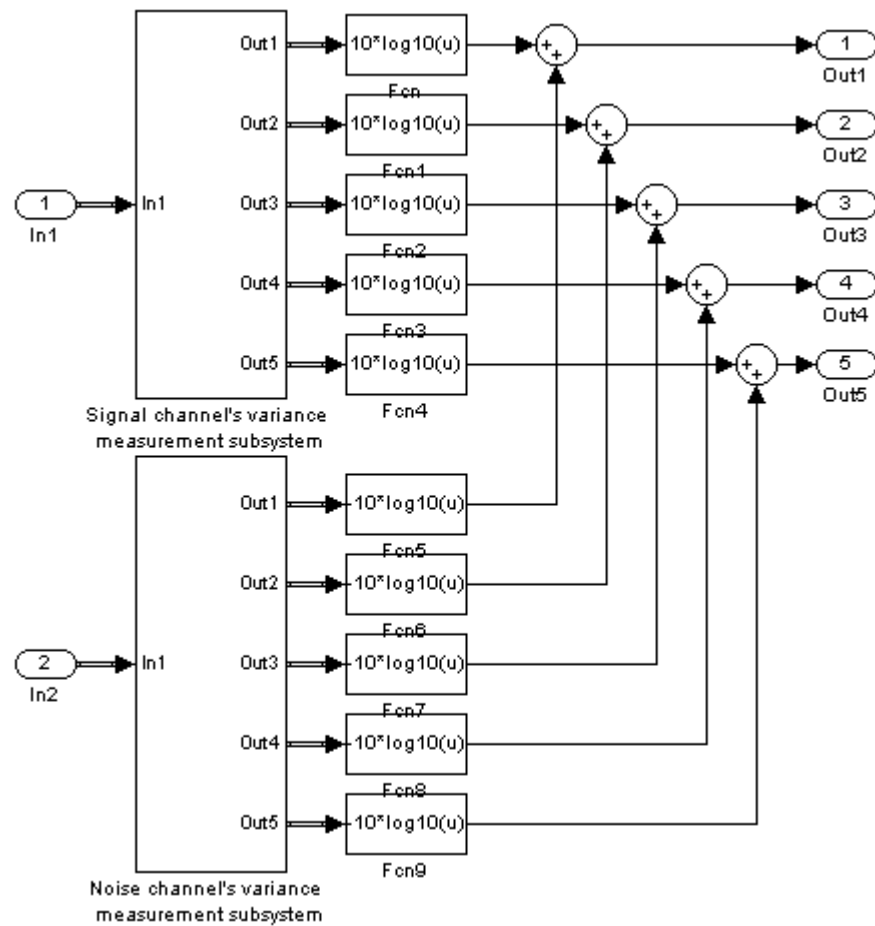


Рис. 3.22. Підмодуль визначення часткових відношень СШ

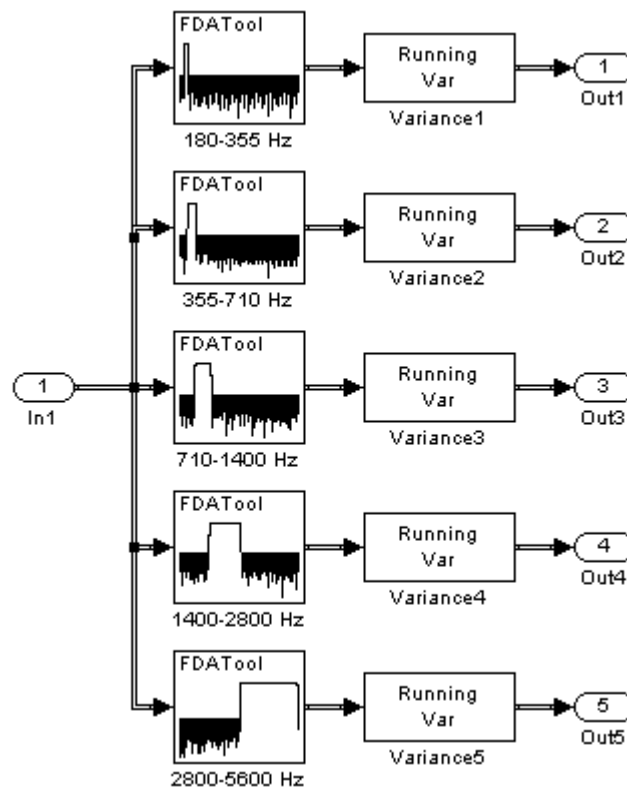


Рис. 3.23. Підмодуль визначення часткових дисперсій

3.1.3. Обчислення артикуляційної та словесної РМ

За великих значень шуму корисна степінь сприйняття МС в кожному окремому каналі відповідає відповідному співвідношенню СШ в цьому каналі:

$$E_k = q_k = 10 \lg \frac{D_{sk}}{D_{nk}}. \quad (3.1)$$

Корисна степінь сприйняття формант E'_k знаходиться шляхом зниження (3.4) на величину різниці максимальних значень спектрів МС та формант:

$$E'_k = E_k - \Delta B(f_{0k}), \quad (3.2)$$

$$\Delta B(f) = \begin{cases} 200/f^{0.43} - 0.37, & f \leq 1000 \Gamma\text{ц}, \\ 1.37 + 1000/f^{0.69}, & f > 1000 \Gamma\text{ц} \end{cases} \quad (3.3)$$

АР знайдемо як суму розбірливостей формант часткових каналів:

$$A = \sum_{k=1}^5 p_k \cdot P(E'_k), \quad (3.4)$$

$$P(E'_k) = \begin{cases} \frac{0.78 + 5.46 \exp[-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E'_k|)^2]}{1 + 10^{0.1|E'_k|}}, & E'_k \leq 0, \\ 1 - \frac{0.78 + 5.46 \exp[-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E'_k|)^2]}{1 + 10^{0.1|E'_k|}}, & E'_k > 0 \end{cases}, \quad (3.5)$$

$$p_k = F(f_{6k}) - F(f_{нk}), \quad (3.6)$$

$$F(f) = \begin{cases} 2.57 \cdot 10^{-8} \cdot f^{2.4}, & 100 < f \leq 400 \Gamma\text{ц}, \\ 1 - 1.074 \cdot \exp(-10^{-4} \cdot f^{1.18}), & 400 < f \leq 10000 \Gamma\text{ц} \end{cases}. \quad (3.7)$$

Розбірливість W можна знайти за АР:

$$W = \begin{cases} 1.54 \cdot A^{0.25} [1 - \exp(-11 \cdot A)], & A < 0.15; \\ 1 - \exp\left(\frac{11 \cdot A}{1 + 0.7 \cdot A}\right), & A \geq 0.15 \end{cases} \quad (3.8)$$

3.2 Структура вимірювання РМ

Комплекс алгоритмів системи автоматизованого вимірювання РМ представлений укрупненої структурної схемою на рис.3.24.



Рис.3.24. Система вимірювання РМ

Технологія застосування цієї системи складається з наступних етапів:

- 1) генерування маскуючого шуму $n(t)$ з певним кольором;
- 2) генерування суміші МС $s(t)$ і маскуючого шуму $n(t)$ з визначеним відношенням СШ $SNR = 10 \lg \frac{D_s}{D_n}$, де D_s і D_n - дисперсії сигналу і перешкоди відповідно;
- 3) вионання фільтрування МС і шуму по багатьом каналам та наступне оцінювання часткових відношень СШ $q_i, i = 1, \dots, L$ для октавових діапазонів частот;
- 4) обчислюється РМ.

3.3 Оцінювання РМ від відношення СШ

Варіюючи інтегральним відношенням СШ $SNR = 10 \lg \frac{D_s}{D_n}$, для реальних МС побудовано графіки розбірливості $W = W(SNR)$ від співвідношення СШ (рис.3.25).

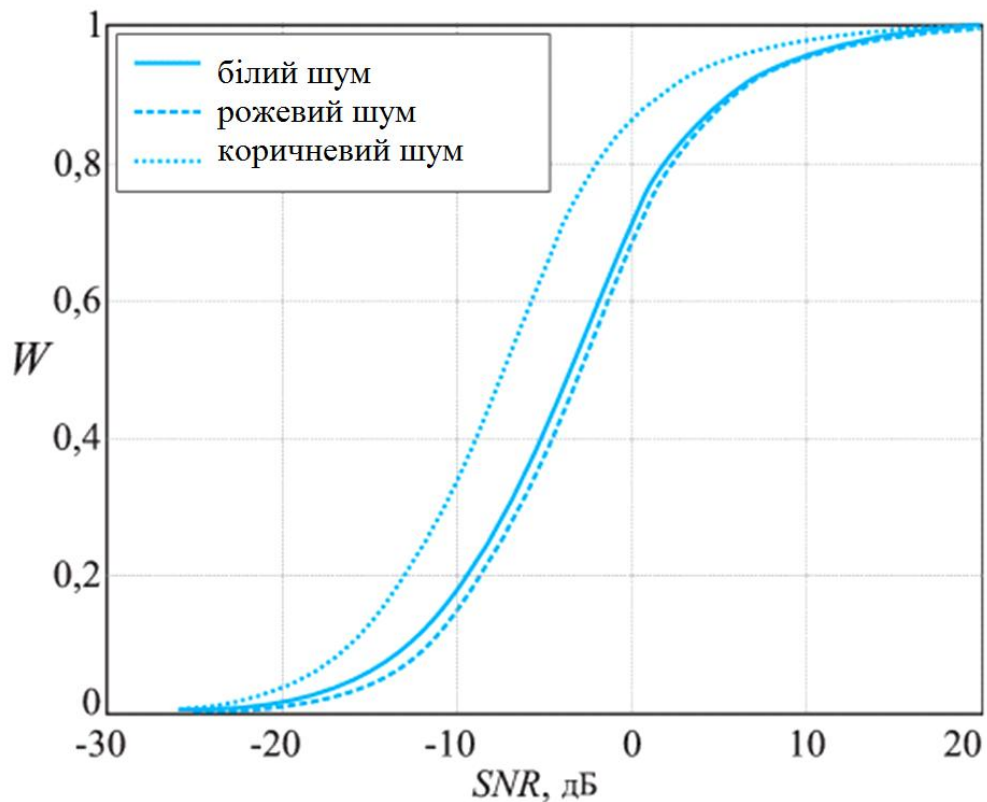


Рис. 3.25. Графіки залежності $W = W(SNR)$ від інтегрального відношення СШ

Таким чином, в описаний спосіб справді можна проводити обчислення РМ, при чому їх можна легко автоматизувати.

3.4 Висновки до розділу 3

Запропоновано в основі методу вимірювання РМ проводити генерування суміші різних типів шумів та мовних повідомлень із заданими наперед відношеннями СШ. При цьому застосовуються різні типи (кольори) шуму. В результаті використання методу оцінюються часткові відношення СШ після смугових фільтрів, що перекривають частотний діапазон МС. Запропоновано варіанти програмної реалізації цих етапів в середовищі Matlab.

Розроблено структуру методу вимірювання РМ, що передбачає генерування шуму із наперед заданими параметрами, генерування суміші цього шуму із мовним повідомленням, багатоканальне фільтрування як мовного

повідомлення так і шуму та наступного оцінювання часткових співвідношень СШ в межах часткових каналів.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Планування заходів з охорони праці. Види планування та контролю стану охорони праці. Виявлення, оцінка та зменшення ризиків небезпечних подій.

Метою планування заходів з охорони праці є визначення необхідних вкладень у заходи з охорони праці для ефективного впливу на стан охорони праці.

Система планів з охорони праці окремого підприємства може включати:

- перспективне планування (на період, більший одного року) ;
- поточне планування (на рік) ;
- оперативне планування (детальні плани, спрямовані на вирішення конкретних питань працезахоронної діяльності на підприємстві в короткостроковому, до одного року, періоді).

Планування в охороні праці може включати:

- визначення цілей діяльності з охорони праці на підприємстві та засобів їх досягнення;
- вибір методів і базових показників, за допомогою яких може здійснюватися оцінка необхідних вкладень в охорону праці;
- розрахунок суми вкладень у заходи з охорони праці та раціональний розподіл цієї суми за напрямками діяльності;
- забезпечення організації контролю виконання плану (при необхідності здійснення коригування запланованих показників) ;
- здійснення постійного контролю умов і безпеки праці на підприємстві та оперативне реагування на відхилення від нормативних вимог.

Перспективне планування вміщує найбільш важливі, трудомісткі і довгострокові за терміном виконання заходи з охорони праці, виконання яких, як правило, вимагає сумісної роботи кількох підрозділів підприємства. Можливість виконання заходів перспективного плану повинна бути

підтверджена обґрунтованим розрахунком необхідного матеріально-технічного забезпечення і фінансових витрат з зазначенням джерел фінансування.

До перспективних планів належить комплексний план покращення умов праці і санітарно-оздоровчих заходів, що передбачає створення, відповідно до нормативних актів з охорони праці, умов праці, пов'язаних з перспективними змінами підприємства. Таке планування, як правило, розраховане на термін від 2 до 5 років. Реалізація цих планів забезпечується через річні плани номенклатурних заходів з охорони праці, які вносяться до угоди, що є невід'ємною частиною колективного договору.

Поточне планування здійснюється у межах календарного року через розроблення відповідних заходів у розділі «Охорона праці» колективного договору.

Поточні плани передбачають реалізацію заходів із покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві. Ці плани обов'язково забезпечуються фінансуванням згідно з розробленими кошторисами.

Питання охорони праці можуть віддзеркалюватися в інших поточних планах, які підприємства та організації можуть складати на вимогу трудових колективів:

- план соціального розвитку колективу;
- наукової організації праці;
- механізації важких і ручних робіт;
- охорони праці жінок;
- підготовки підприємства до робіт в осінньо-зимовий період;
- підвищення культури виробництва та ін.

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюється за підсумками контролю стану охорони праці в структурних підрозділах і на підприємстві в цілому.

Оперативні плани складаються для швидкого виправлення виявлених в процесі державного, відомчого і громадського контролю недоліків в стані охорони праці, а також для ліквідації наслідків аварій або стихійного лиха.

Оперативні заходи щодо усунення виявлених недоліків зазначаються безпосередньо у наказі власника підприємства, який видається за підсумками контролю, або у плані заходів, як додатку до наказу.

Організаційно-методичну роботу щодо складання перспективних, поточних та оперативних планів здійснює служба (спеціаліст) охорони праці.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Здійснення заходів щодо зниження дії радіоактивних випромінювань на радіоелектронну апаратуру зв'язку, радіомовлення і телебачення

Оцінка уразливості лабораторного блока живлення від радіоактивного забруднення і проникаючої радіації починається з визначення максимальних очікуваних значень рівня радіації і дози проникаючої радіації. За показник стійкості об'єкта приймається допустима доза радіації, яку можуть одержати люди за час робочої зміни.

Для характеристики радіоактивного забруднення застосовують ступінь (щільність) забруднення, який характеризується поверхневою щільністю забруднення радіонуклідами і вимірюється активністю радіонукліда на одиницю площі (об'єму). Основною дозиметричною величиною, за допомогою якої оцінюється дія радіації, є доза випромінювання - кількість енергії, яка поглинута одиницею маси опроміненого середовища. Експозиційна доза визначається тільки для повітря при гама і рентгенівському випромінюванні. Поглинута доза визначається для речовин. Місцевість, що забруднюється внаслідок радіаційної аварії, за щільністю забруднення радіонуклідами умовно поділяють на зони: зону відчуження, зону безумовного (обов'язкового) відселення, зону гарантованого (добровільного) відселення і зону підвищеного радіоекологічного контролю.

За дозами опромінення зону забруднення поділяють на наступні зони: надзвичайно-небезпечного забруднення, небезпечного забруднення, сильного забруднення, помірного забруднення, і зону радіаційної небезпеки.

Також радіоактивне забруднення буде безпосередньо впливати лабораторного блока живлення, але і на його конструкцію, оскільки, до його

складу входять метічні провідники з ізоляційним покриттям, металічний корпус, пласмасові роз'єми і самі радіоелементи (резистори, транзистори, мікросхема, конденсатори, діод).

Органічні речовини вельми чутливі до радіації. Вплив радіації призводить до перетворення молекул, що супроводжується хімічними реакціями, що викликають незворотні зміни природи речовини і її механічних властивостей.

Перетворення супроводжується виділенням газів, які в поєднанні з вологою утворюють кислоти, які здійснюють шкідливий вплив на ізоляційні матеріали. Більшість пластмас отримує механічне пошкодження навіть при малих дозах радіації.

Фенолформальдегід і метилметакрилат стають крихкими і деформуються. Поліетилен і полістирол - спочатку збільшується опір розриву і твердість, а потім вони стають крихкими. Більшість пластмас темніє і знебарвлюється. Просочення і ізоляційні масла псуються, як і оргматеріали. Синтетичний каучук і кремнійорганічна гума твердіють

Зміна електричних властивостей органічних речовин (провідність, діелектрична проникність, кут втрат) має оборотний характер. Час відновлення залежить від природи матеріалу та умов опромінення.

На неорганічні речовини (матеріали) радіація впливає менше, ніж на органічні. При опроміненні нейтронами можливо об'ємне розширення. Кварц і скло втрачають прозорість при великих дозах.

Вплив радіації на напівпровідниковий діод залежить від того, який ефект використаний в основі його роботи, виду матеріалу, питомого опору його, а також конструктивних особливостей діода. Оскільки в підсилювачі використані лише кремнієві діоди то розглянемо лише їхню реакцію.

Під впливом нейтронної радіації провідність точково-контактних діодів зменшується в прямому і зворотному напрямках; у площинних діодів провідність у прямому напрямку також зменшується. Пошкодження діодів обумовлюється зміною характеристик провідності в прямому напрямку. Вплив γ -опромінення викликає оборотні зміни зворотного струму.

Характеристика впливу радіоактивного забруднення на транзистор. Вплив опромінення викликає порушення кристалічної решітки матеріалу (основний ефект) і іонізацію (вторинний ефект). Внаслідок цього змінюються параметри напівпровідникових матеріалів – час життя основних носіїв, питома провідність, швидкість поверхневої рекомбінації дірок з електронами. Внаслідок зміни вищевказаних параметрів зменшується коефіцієнт підсилення по струму, збільшується зворотний струм колектора, зростають шуми транзистора.

Іонізація, створювана радіацією, інжектується надлишок носіїв у транзистор, внаслідок чого виникають значні шуми. Зміна коефіцієнта посилення є незворотнім, а зміни зворотного струму можуть бути оборотними і необоротними. Як бачимо змінюється основний із електричних параметрів підсилювача – коефіцієнт підсилення, а отже вихідна потужність.

Потрібно зазначити, що більшу радіаційну стійкість мають германієві транзистори в порівнянні з кремнієвими.

До основних методів захисту радіоелектронної апаратури відносять такі конструктивні рішення:

- правильно підбирати і розташовувати елементи;
- ширше використовувати керамічні ізолятори в частинах перемикачів, роз'ємах, гніздах і т.д.;
- застосовувати склотканина та інші неорганічні матеріали для манжет, кабельної ізоляції тощо;
- застосування елементів з неорганічних матеріалів, слюдяних і керамічних конденсаторів;
- застосовувати плівкові і металлопленочні опору;
- ретельно продумувати схему розташування, для зменшення струмів витоку і пробоя;
- екранувати найбільш чутливі елементи;
- правильно вибирати матеріали деталей конструкції;
- правильно вибирати напівпровідникові прилади (надавати перевагу германієвим).

- Для захисту від γ - променів добре екранують, захищають - свинець, вісмут, вольфрам, золото, платина, ртуть і деякі інші важкі матеріали.

4.3 Висновки до розділу

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто планування заходів з охорони праці. Види планування та контролю стану охорони праці. Виявлення, оцінка та зменшення ризиків небезпечних подій. Також описано заходи щодо зниження дії радіоактивних випромінювань

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз суті та призначення систем громадського оповіщення. Метою роботи таких систем є забезпечення максимально швидкого інформування максимально можливої кількості людей про безпосередню небезпеку. Громадські (публічні) оповіщення здійснюються дистанційно шляхом використання електромеханічних сирен (зовні), мереж мовлення всіх частотних типів, систем телевізійного та мобільного зв'язку. Основна функція, яку виконує система оповіщення в аварійній ситуації, – це трансляція мовних повідомлень, спрямованих на запобігання паніці людей, та передача інформації про напрям руху для евакуації з будівлі.

Розглянуто різні варіанти організації та побудови систем оповіщення і встановлено, що в усіх розглянутих варіантах як основний інформаційний сигнал про виникнення надзвичайної ситуації використовується мовний чи голосовий сигнал, що являє собою голосове повідомлення, яке повинне бути однозначно донесене та сприйняте людьми чи персоналом, що перебуває в зоні дії системи оповіщення. Однак ці голосові повідомлення часто спеціально піддаються додатковій обробці, а також можуть зазнавати зовнішніх впливів, зокрема через зміни зовнішньої акустичної обстановки тощо. Такі фактори значно спотворюватимуть сигнали повідомлення та вливатимуть на ступінь сприйняття оточуючими людьми таких повідомлень від системи оповіщення.

В цьому плані важливим є контроль якості роботи системи оповіщення з можливістю коригування параметрів чи характеристик голосових повідомлень для забезпечення надійного та однозначного їхнього сприйняття оточуючими людьми. Власне для цього і потрібно розробити новий чи обґрунтувати вибір відомого методу оцінювання РМ.

Проаналізовано передумови визначення РМ. Визначено методи обчислення РМ, в тому числі за співвідношеннями між зрозумілістю для слухачів мовного повідомлення та складовою, формантною, словесною та фразовою розбірливістю.

Проаналізовано основні поширені методи вимірювання розбірливості та за основу розроблення власного методу використано групу методів об'єктивного оцінювання, що виключають вплив людського фактора на результати вимірювань шляхом використання технічних засобів відбору та аналізу мовних повідомлень, ареєстрованих після випромінювання їх гучномовцями систем оповіщення.

Запропоновано в основі методу визначення РМ проводити формування суми різних типів шумів та мовних повідомлень із заданими наперед значеннями відношень СШ. При цьому застосовуються різні типи (кольори) шуму. В результаті використання методу оцінюються часткові відношення СШ смугових фільтрів, що перекривають частотний діапазон МС. Запропоновано варіанти програмної реалізації цих етапів в середовищі Matlab.

Розроблено структуру методу вимірювання РМ, що передбачає генерування шуму із наперед заданими параметрами, генерування суміші цього шуму із мовним повідомленням, багатоканальне фільтрування як мовного повідомлення так і шуму та наступного оцінювання часткових співвідношень СШ в межах часткових каналів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чумаков В. І., Таранчук А. А., Харченко О. І. Моделювання пристроїв радіоавтоматики в системі MathCAD : навч. посібник / В. І. Чумаков, А. А. Таранчук, О. І. Харченко. -Хмельницький : ХНУ, 2011. - 151 с.
2. Лозинський А.О. Системи керування електропобутовими приладами: навч. посібник / А.О. Лозинський, Б.Л. Копчак, В.В. Бушер. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010.-304 с.
3. Локазюк В. М., Іванов О. В., Тітова В. Ю. Засади систем підтримки прийняття рішень на основі комп'ютерних систем та їх компонентів : Навч. посібник для вузів. -Хмельницький: ПП Гонта А.С., 2010. - 337 с.
4. Дідковський В.С. та ін. Шуми і вібрації: Підручник / В. С. Дідковський, О. В. Коржик, О. Г. Лейко. - К.: ТОВ "Імекс-ЛТД", 2010. - 336 с: іл.
5. Волошин, О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. - 2-ге вид., перероб. та допов. - К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. - 336 с.
6. Калюжний О.Я. Моделювання систем передачі сигналів в обчислювальному середовищі MATLAB-Simulink. – К., “Політехніка”, 2004. – 135 с.
7. F. Jelinek «Continuous Speech Recognition by Statisical Methods.» IEEE Proceedings 64:4(1976): 532-556 с.
8. Дедів І. Обґрунтування математичної моделі дихальних шумів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу / Я. Драган, І. Дедів // Науковий вісник Чернівецького університету. Вип. 426: Фізика. Електроніка. ЧНУ – Чернівці: Рута. – 2008. – Ч. II. – С. 93-97.
9. Джичка Н., Дедів І., Дозорський В., Драган Я. Модель акустичного сигналу для виявлення порушень стану дихальної системи та голосового апарату як частковий випадок стохастичної коливної системи. Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". 2011. № 710. С. 155-158.

10. Бачинський, М.В. Комп'ютерна імітаційна модель вокалізованих фрикативних звуків / М.В. Бачинський, Л.Є. Дедів, В.Г. Дозорський // Вісник Сумського державного університету. Технічні науки. – Суми : видавництво СумДУ, 2012. – № 1. – С. 149–156.

11. Дедів Л.Є., Дозорський В.Г., Бачинський М.В. Математична модель електроенцефалографічного сигналу для задач побудови комп'ютерних діагностичних систем. Вісник Хмельницького національного університету. 2012. №2. С. 186-189.

12. Драган, Я. Метод опрацювання фрикативних звуків для діагностики захворювань органів голосового апарату на ранніх стадіях / Я. Драган, В. Дозорський, М. Хвостівський, І. Дедів // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів: НУЛП, 2011. – № 694. – С. 376–382.

13. Palaniza Y.B., Shadrina H.M., Khvostivskiy M.O., Dediv L.Ye., Dozorska O.F. Main theoretical basis of biosignals modeling. Znanstvena misel. Slovenia. 2018. №16. P. 39-44.

14. Vyacheslav Nykytyuk, Vasyl Dozorskyi, Oksana Dozorska. Detection of biomedical signals disruption using a sliding window. Scientific jornal of the Ternopil National Technical University. 2018. Vol. 91. № 3. P. 125–133.

15. Oksana Dozorska, Evhenia Yavorska, Vasil Dozorskyi, Iryna Pankiv, Iryna Dediv, Leonid Dediv. The Method of Indirect Restoration of Human Communicative Function. 15th International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD Systems" (CADSM) (Polyana, Svalyava, 26.02.2019-02.03.2019). Zakarpattya, 2019. P.19-22.

15. Математичне та комп'ютерне моделювання електрокардіосигналів у системах голтерівського моніторингу / Л.Є. Дедів, А.С. Сверстюк, І.Ю. Дедів, М.О. Хвостівський, В.Г. Дозорський, Є.Б. Яворська. – Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. – 120 с. ISBN 978-617-574-218-1.

16. Математичне моделювання, методи та програмне забезпечення опрацювання дихальних шумів у комп'ютерних аускультативних діагностичних системах / І.Ю. Дедів, А.С. Сверстюк, Л.Є. Дедів, В.Г. Дозорський, М.О.

Хвостівський. – Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. – 126 с. ISBN 978-617-574-219-8.

17. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» уклад.: Дунець В.Л., Хвостівський М.О. Дедів І.Ю. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021 р. – 72с.

18. Дозорський В.Г., Дозорська О.Ф., Дедів Л.Є., Дедів І.Ю., Паньків І.М., Яворська Є.Б. Структура системи відбору біосигналів для задачі відновлення комунікативної функції людини. Вісник Хмельницького національного університету: технічні науки. – Хмельницький: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету". – 2019. - №2(271) – с. 183-186.

19. Khvostivska L.V., Osukhivska H.M., Khvostivskyi M.O., Dediv S.Y. Development of methods and algorithms for a stochastic biomedical signal period calculation in medical computer diagnostic systems. Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparobuduvannia, /Категорія В/ 2019. Вип. 79. С. 78-84. doi: 10.20535/RADAP.2019.79.78-84.

20. Dozorska O., Yavorska E., Dozorskyi V., Pankiv I., Dediv L. Dediv I. The Method of Indirect Restoration of Human Communicative Function. Proc. of the 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), CADSM'2019, (pp. 19–22). Polyana-Svalyava (Zakarpattya), UKRAINE 978-1-7281-0053-1/19.

21. Дозорська О.Ф., Яворська Є.Б., Дозорський В.Г., Дедів Л.Є., Дедів І.Ю. Метод виявлення ознак основного тону в структурі електроміографічних сигналів для задачі компенсації порушеної комунікативної функції людини», Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаробудування, (81), с. 56-64. doi: 10.20535/RADAP.2020.81.56-64.

22. Khvostivska L., Khvostivskyu M., Dunetc V., Dediv I.. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and

Applied Problems, ITTAP 2022. CEUR Workshop Proceedings. Ternopil 22- 24 November 2022. Vol 3309, P. 314-318. ISSN 1613-0073.

23. Гевко О.В., Дозорський В.Г., Дедів Л.Є., Дедів І.Ю., Дозорська О.Ф. Структурний синтез вібромасажної апаратури. Перспективні технології та прилади, № 20, Луцьк, 2022. – с. 23-31.

24. Dozorskyi V., Dediv I., Sverstiuk S., Nykytyuk V., Karnaukhov A. The Method of Commands Identification to Voice Control of the Electric Wheelchair. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.233-240. ISSN 1613-0073.

25. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dediv I., Yatskiv V., Palaniza Y. Method, Algorithm and Computer Tool for Synphase Detection of Radio Signals in Telecommunication Networks with Noises. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.173-180. ISSN 1613-0073.

26. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dunets V., Dediv I. Mathematical, algorithmic and software support of synphase detection of radio signals in electronic communication networks with noises. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 111, no 3, 2023. pp. 48–57.

27. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник / Р. А. Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.

28. Паляниця Ю.Б., Марценюк А.С., Дунець В.Л., Бучинський В.М., Паламар М.І. Дрон з блоком надвисоких частот для виявлення та знешкодження вибухових пристроїв та мін. Матеріали III Міжнародної наукової конференції молодих учених та студентів «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя: зб. тез доповідей, 20-21.04.2023 р. Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 158-159. ISBN 978-617-7875-32-0.

29. Дунець В.Л., Хвостівська Л.В., Паляниця Ю.Б. Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення оцінювання завадозахищеності каналів зв'язку з балансною модуляцією. Збірник наукових праць Вісник НУВГП, серія технічні науки, випуск 4 (104), 2023. - С. 95-107. ISSN: 2306-5478.

30. Гевко І.Б., Дунець В.Л., Паляниця Ю.Б., Марценюк А.С., Химич Г.П. Дрон з імпульсним квантовим генератором для знешкодження об'єктів ураження. Матеріали IV Міжнародної наукової конференції «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя: зб. тез доповідей, 18-19.04.2024 р. Тернопіль: ТНТУ, 2024.

31. Khymych, H., Dunets, V., Duda, S., Palaniza, Y., Kornieiev, K. Dual-Polarization Yagi Antenna for Meter Wavelength Range. Radioelectronics and Communications Systems, 66(11), 2023, pp. 609–615. ISSN 0735-2727. DOI: 10.3103/S0735272722080039.

32. Lyashuk, Oleg, Mykola Stashkiv, Yurii Palianytsia, Roman Khoroshun and Dmytro Mironov. Fourier Model Fitting for Vibration Analysis of Car Wheel Suspension Enhanced Damping System. Proceedings of the 4rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, 23-25 October 2024, Ternopil, Ukraine. ITTAP-2024, 2024. ISSN 1613-0073.

33. Паляниця Ю.Б., Сверстюк А.С., Шадріна Г.М. Математичне та комп'ютерне моделювання фонокардіосигналів для удосконалення кардіодіагностичних систем / Ю.Б. Паляниця, А.С. Сверстюк, Г.М. Шадріна – Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2020. – 106 с. ISBN 5-211-05310-9.

34. Dozorskyi V., Dediv L., Kovalyk S., Dozorska O., Dediv I. (2024) Design of the endoskeleton of a biocontrolled hand prosthesis. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 115, no 3, pp. 100-111.

35. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.

36. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей

денної бо та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль:
ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

ДОДАТКИ

УДК 621.395.625.6

Ірина Дедів, канд. техн. наук, доц., Маркіян Пліс, Валентин Степанов, Сергій Брегін, Володимир Лотоцький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗАДАЧА ОЦІНЮВАННЯ РОЗБІРЛИВОСТІ МОВИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ СИСТЕМ ГРОМАДСЬКОГО ОПОВІЩЕННЯ

Iryna Dediv, Ph.D, Assoc. Prof., Markiyan Plis, Valentyn Stepanov, Sergii Bregin, Volodymyr Lototskyi

THE TASK OF SPEECH INTELLIGIBILITY ASSESSMENT FOR IMPROVING THE QUALITY OF PUBLIC ANNOUNCEMENT SYSTEMS

Сьогодні в Україні, в умовах війни, особливо гостро стоїть питання своєчасного оповіщення громадян про ймовірні небезпечні непередбачувані ситуації, зокрема повітряні ракетні атаки, обмеження руху та пересування через ймовірності вибухів зокрема, виникнення пожеж чи значні викиди шкідливих речовин в повітря, воду тощо. З цією метою використовуються системи громадського оповіщення, що є організованими спеціалізованими системами, які призначені для своєчасної передачі певних сигналів та інформаційних повідомлень стосовно цивільного захисту до відповідних органів влади, підприємств, організацій, установ та населення. Ці системи включають в себе технологічні підходи та способи оповіщення, спеціалізоване обладнання, прилади та канали зв'язку. Метою роботи систем оповіщення є забезпечення максимально швидкого інформування якомога більшої кількості людей про безпосередню небезпеку. Громадські (публічні) оповіщення здійснюються дистанційно шляхом використання електромеханічних сирен (зовні), мереж мовлення всіх частотних типів, систем телевізійного та мобільного зв'язку. Основна функція, яку виконує система оповіщення в аварійній ситуації, – це трансляція мовних повідомлень, спрямованих на запобігання паніці людей, та передача інформації про напрям руху для евакуації.

В поширених сьогодні варіантах побудови систем оповіщення як основний інформаційний сигнал про виникнення надзвичайної ситуації використовується мовний чи голосовий сигнал, що являє собою голосове повідомлення, яке повинне бути однозначно донесене та сприйняте людьми чи персоналом, що перебуває в зоні дії цієї системи. При цьому, часто для підвищення ефективності технічних засобів оповіщення, зокрема підвищення випромінюваної гучномовцями потужності, проводиться попередня обробка таких сигналів, зокрема фільтрація, що передбачає подавлення високочастотних та низькочастотних складових сигналу-повідомлення та підсилення середньочастотних складових. Відповідно, часто системи оповіщення транслюють готосові повідомлення в ділянці саме середніх частот голосового сигналу. Але це в свою чергу разом із впливом зовнішніх факторів значно впливатиме на якість того голосового повідомлення, яке будуть чути люди, для яких воно транслюється. Ці і додаткові фактори значно спотворюватимуть сигнали повідомлення та впливатимуть на ступінь сприйняття оточуючими людьми таких повідомлень від системи оповіщення.

В цьому плані важливим є контроль якості роботи системи з можливістю коригування параметрів чи характеристик голосових повідомлень для забезпечення надійного та однозначного їхнього сприйняття оточуючими людьми. Власне для цього і потрібно розробити новий чи обґрунтувати вибір відомого методу оцінювання розбірливості мови.

Текст програми генерування адитивної суміші МС з шумом із заданим відношенням СШ $SNR_0 = -18 \text{ дБ}$

```
% суміш сигнал+БШ  $SNR_0 = -18 \text{ дБ}$ 
SNR0 = -18;
Dn = var (noise)% вимірювання дисперсії згенерованого шуму
sig = wavread ( 'rech3_11kHz'); % Читання сигналу в робочий простір Matlab
Ds = var (sig)% вимірювання дисперсії сигналу
SNR = 10 * log10 (Ds / Dn)% вимірювання відношення СШ
k = 10 ^ (0.05 * (SNR0-SNR)); % Коригувальний коефіцієнт
signal = sig * k; % Сигнал з скоригованим рівнем
mix_18 = signal + noise; % Суміш із заданим відношенням СШ SNR0
sound (mix_18,11025); % Прослуховування суміші
plot (mix_18)% побудова графіка суміші

% Побудова графіків спектрів шуму, сигналу і суміші
% Спектр шуму
figure; [Gn, f] = pwelch (noise, hamming (1023), 512,1024,11025);
plot (f, 10 * log10 (Gn), '- b'); grid on; title ( 'Спектри потужності для SNR0 =
-18 дБ');
xlabel ( 'Частота, Гц'); ylabel ( 'Рівень, дБ');
% Спектр сигналу
hold on; [Gs_18, f] = pwelch (signal, hamming (1023), 512,1024,11025);
plot (f, 10 * log10 (Gs_18), 'r');
% Спектр суміші
hold on; [Gmix_18, f] = pwelch (mix_18, hamming (1023), 512,1024,11025);
plot (f, 10 * log10 (Gmix_18), 'm');
```

Обчислення формантної і словесної РМ

```
% ===== вхідні дані: =====
i = 1: 5;
Q (1) = q1 (1,1, end); Q (2) = q2 (1,1, end); Q (3) = q3 (1,1, end); Q (4) = q4
(1,1, end); Q (5) = q5 (1,1, end);
f0 = [250; 500; 1000; 2000; 4000]; % Центральні частоти смуг аналізу
fn = [180; 355; 710; 1400; 2800]; % Нижні граничн.частоти смуг аналізу
fv = [355; 710; 1400; 2800; 5600]; % Верхні граничн.частоти смуг аналізу
%
% ===== рівні відчутт. =====
for i = 1: 5
    if f0 <= 1000
        E (i) = Q (i) - (200 / f0 (i). ^ 0.43-0.37);
    else
        E (i) = Q (i) - (1.37 + 1000 / f0 (i). ^ 0.69);
    end
end
%
% ===== коеф.сприйн. =====
for i = 1: 5
    if E (i) <= 0
        P (i) = (0.78 + 5.46 * exp (-4.3 * 10 ^ (- 3) * (27.3-abs (E (i))). ^ 2)) / (1 +
10 ^ (0.1 * abs (E (i))));
    else
        P (i) = 1 (0.78 + 5.46 * exp (-4.3 * 10 ^ (- 3) * (27.3-abs (E (i))). ^ 2)) / (1
+ 10 ^ (0.1 * abs (E (i))));
    end
end
%
```

```

% ===== частоти формант =====
for i = 1: 5
    if f0 (i) <= 400
        pv (i) = 2.57 * 10 ^ (- 8) * (fv (i). ^ 2.4-fn (i). ^ 2.4);
    else
        pv (i) = 1.074 * (exp (-10 ^ (- 4) * fn (i). ^ 1.18) -exp (-10 ^ (- 4) * fv (i). ^
1.18));
    end
end
%
% ===== артикуляційна (формантна) розбірливість =====
A = sum (pv. * P);
%
% ===== словесна розбірливість =====
if A <0.15
    W = 1.54 * A ^ 0.25 * (1-exp (-11 * A));
else
    W = 1-exp (-11 * A / (1 + 0.7 * A));
end
% Вивід результатів на дисплей
disp ( 'Формантн.розбірл. ='), disp (A);
disp ( 'Словесн. розбірл. ='), disp (W);

```

М-скрипт розрахунку гребінки з п'яти октавних еліптичних фільтрів

```
% === програма filgreb_ellip_prog.m - синтез гребінки еліптич.фільтров
===

% Fs - частота дискретизації
% A - матриця коефіцієнтів фільтра (номер рядка - номер фільтра)
% Len_a - макс.кільк. коеф-тів
% === параметри фільтрів ===
Fs = 22050;
Dstop = 0.001; % Рівень загасання в смугах затримання
Dpass = 0.057501127785; % Нерівномірність в смузі пропускання
dens = 16; % Фактор щільності
Fstop1 = [160 340 680 1375 2760]; % Гранична частота першої смуги
затримання
Fpass1 = [180 360 710 1420 2810]; % Нижня гранична частота смуги
пропускання
Fpass2 = [355 700 1410 2775 5450]; % Верхня гранична частота смуги
пропускання
Fstop2 = [365 720 1440 2850 5500]; % Гранична частота другої смуги
затримання
%
% === розрахунок коефіцієнтів 1-го фільтра ===
[N, Fo, Ao, W] = remezord ([Fstop1 (1) Fpass1 (1) Fpass2 (1) Fstop2 (1)] /
(Fs / 2), [0 1 ...
0], [Dstop Dpass Dstop]); % Розрахунок порядку фільтра
a = remez (N, Fo, Ao, W, {dens}); % Розрахунок коефіцієнтів фільтра
len_a = length (a); % Довжина вектора коеф-тів 1-го фільтра
%
% === розрахунок коефіцієнтів 2-5-го фільтрів ===
for k = 2: 5
```

$[N, Fo, Ao, W] = \text{remezord}([F_{\text{stop1}}(k) F_{\text{pass1}}(k) F_{\text{pass2}}(k) F_{\text{stop2}}(k)] / (F_s$
 $/ 2), [0 \ 1 \dots$

```
0], [Dstop Dpass Dstop]); % Розрахунок порядку фільтра
a1 = remez (N, Fo, Ao, W, {dens}); % Розрахунок коефіцієнтів фільтра
dif_len = len_a - length (a1); % Різниця довжин векторів коеф-тів
zer_a = zeros (1, dif_len); % Масив нулів
a1 = [a1 zer_a]; % Дописування масиву нулів
a2 = circshift (a1, [0 round (dif_len / 2)]); % Циклічний зсув
% A2 = a1; % Циклічний зсув відсутній
a = [a; a2];
end
```

М-скрипт тестування гребінки білим шумом

```
% ===== програма testnois.m - тестування гребінки білим шумом =====
T = 14; % Тривалість реалізації шуму в секундах
NT = T * Fs; % Кількість вибірок шуму
%
% Генерув.білого шуму
noise = randn (1, NT);
%
% Фільтрації шуму і підсумовування відгуків
y = filter (a1,1, noise) + filter (a2,1, noise) + filter (a3,1, noise) + filter (a4,1,
noise) + filter (a5,1, noise);
%
% Спектр потужності суми відгуків
nfft = 2048;
wind = boxcar (nfft);
[Pyu, f] = pwelch (y, wind, nfft / 2, nfft, Fs);
figure; plot (f, 10 * log10 (Pyu)); grid on;
title ('Спектр потужн.греб.фільтрів');
xlabel ('Частота, Гц'); ylabel ('Рівень, дБ');
```

М-скрипт генерування пофарбованого шуму

```
% === color_n.m - підпрограма генерув.зabarвленого шуму ===  
% C - вектор вагових коефіцієнтів  
% Y - пофарбований шум (вихідний сигнал даної програми)  
% ==== задання коефіцієнтів з =====  
% C = [1 1 1 1 1]; % білий шум  
c = [2 sqrt (2) 1 + 1 / sqrt (2) 1/2]; % Рожевий шум  
% C = [4 2 1 1/2 1/4]; % Коричневий шум  
% ===== генерування білого шуму =====  
n = randn (1, length (s) + len_a);  
% ===== фільтрація =====  
nk = [];  
for I = 1: 5  
    nk1 = filter (a (I, :), 1, n);  
    nk = [nk; nk1];  
end  
% ===== зважене підсумовування =====  
y = c * nk;  
y (1: len_a) = []; % Відкидання перших len_a неправильних відліків  
tn = 0: 1 / Fs: (length (s) -1) / Fs;  
figure; plot (tn, y);  
title ( 'Перешкода');  
% === графік спектра потужності перешкоди ===  
[Gy, f] = pwelch (y, hamming (nfft-1), 512, nfft, Fs);  
figure; plot (f, 10 * log10 (Gy)); title ( 'Спектр потужності перешкоди');  
grid on;
```

```
% ===== mix.m ===== програма створення суміші сигнал + шум із заданим SNR0
SNR0 = 0;
Dn = var (y)% вимірювання дисперсії згенерованого шуму
Ds = var (s)% вимірювання дисперсії сигналу
SNR = 10 * log10 (Ds / Dn)% вимірювання мають відношення СШ
k = 10 ^ (0.05 * (SNR-SNR0)); % Коригувальний коефіцієнт
y1 = y * k; % Шум з скоригованим рівнем
mix = s + y1 '; % Суміш із заданим відношенням СШ SNR0
figure; plot (t, mix)% побудова графіка суміші
title ( 'Суміш сигналу з шумом');
% Побудова графіків спектрів шуму, сигналу і суміші
figure; [Gy1, f] = pwelch (y1, hamming (nfft-1), 512, nfft, Fs);
plot (f, 10 * log10 (Gy1), '- b'); grid on;
title ( 'Спектри потужності'); xlabel ( 'Частота, Гц'); ylabel ( 'Рівень, дБ');
hold on; plot (f, 10 * log10 (Gs), 'r');
hold on; [Gmix, f] = pwelch (mix, hamming (nfft-1), 512, nfft, Fs);
plot (f, 10 * log10 (Gmix), 'm');
legend ( 'спектр шуму', 'спектр сигналу', 'спектр суміші')
```

Програма обчислення залежності словесної розбірливості від інтегрального відношення СШ

```
% === razb_prog.m - програма обчислення залежності  $W = W(\text{SNR})$  ===  
% === пооктавна фільтрація мови ===  
sk = [];  
for j = 1: 5  
    sk1 = filter (a (j, :), 1, s);  
    sk = [sk; sk1];  
end  
W = [];  
% === циклічна зміна інтегрального SNR ===  
SNR0 = -12: 4: 4; % Задання необхідного інтегрального відношення сигнал  
/ шум:  
for i = 1: length (SNR0)% визначення числа ітерацій циклу  
    k = 10 ^ (0.05 * (SNR-SNR0 (i))); % Коригувальний коефіцієнт для шуму  
в октавах  
    y1 = y * k; % Шум з скоригованим інтегральним рівнем  
    mix = s + y1 '; % Суміш мови з шумом  
% === пооктавна фільтрація шуму ===  
yk = [];  
for j = 1: 5  
    yk1 = filter (a (j, :), 1, y1);  
    yk = [yk; yk1];  
end  
% === Обчислення  $q_i$  - октавних відношень сигнал / шум ===  
Dsk = var (sk ');  
Dyk = var (yk ');  
q = 10 * log10 (Dsk./Dyk);  
% === обчислення W - словесної розбірливості ===
```

```

W1 = razb1 (q);
W = [W W1];
end
% === Побудова графіка W = W (SNR) ===
figure; plot (SNR0, W);
title ( 'Залежність словесної розбірливості від відношення СШ ');

function W = razb1 (Q)
% =====
% Обчислення формантної і словесної розбірливості
% =====
% ===== вхідні дані: =====
f0 = [250; 500; 1000; 2000; 4000]; % Центральні частоти смуг аналізу
fn = [180; 355; 710; 1400; 2800]; % Нижні граничн.частоти смуг аналізу
fv = [355; 710; 1400; 2800; 5600]; % Верхні граничн.частоти смуг аналізу
%
% ===== рівні відчуття =====
for i = 1: 5
    if f0 (i) <= 1000
        E (i) = Q (i) - (200 / f0 (i). ^ 0.43-0.37);
    else
        E (i) = Q (i) - (1.37 + 1000 / f0 (i). ^ 0.69);
    end
end
end
%
% ===== коеф.сприйн. =====
for i = 1: 5
    if E (i) <= 0
        P (i) = (0.78 + 5.46 * exp (-4.3 * 10 ^ (- 3) * (27.3-abs (E (i))). ^ 2)) / (1 +
10 ^ (0.1 * abs (E (i))));
    else

```

```

P (i) = 1 (0.78 + 5.46 * exp (-4.3 * 10 ^ (- 3) * (27.3-abs (E (i))). ^ 2)) / (1
+ 10 ^ (0.1 * abs (E (i))));
end
end
%
% ===== частоти формант =====
for i = 1: 5
    if f0 (i) <= 400
        pv (i) = 2.57 * 10 ^ (- 8) * (fv (i). ^ 2.4-fn (i). ^ 2.4);
    else
        pv (i) = 1.074 * (exp (-10 ^ (- 4) * fn (i). ^ 1.18) -exp (-10 ^ (- 4) * fv (i). ^
1.18));
    end
end
%
% ===== артикуляційна (формантна) розбірливість =====
A = sum (pv. * P);
%
% ===== словесна розбірливість =====
if A <0.15
    W = 1.54 * A ^ 0.25 * (1-exp (-11 * A));
else
    W = 1-exp (-11 * A / (1 + 0.7 * A));
end

```