

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента *Бондаренко Артем Вадимович*

академічної групи *172-16зск-1*

спеціальності *172 Телекомунікації та радіотехніка*

спеціалізації¹

за освітньо-професійною програмою *Телекомунікації та радіотехніка*

на тему *Проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих*

об'єктах

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	к.т.н., доц. Герасіна О.В.			
розділів:				
спеціальний	к.т.н., доц. Герасіна О.В.			
економічний	к.е.н., доц. Романюк Н.М.			
Рецензент				
Нормоконтролер	к.ф.-м.н., проф. Гусєв О.Ю.			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
безпеки інформації та телекомунікацій
_____ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студенту Бондаренко Артем Вадимович академічної групи 172-1бзск-1
(прізвище ім'я по-батькові) (шифр)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва спеціальності)

на тему Проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Аналіз підходів до організації систем зв'язку з рухомими об'єктами, а також існуючих пристроїв для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.	25.02.2019 – 31.03.2019
Розділ 2	Проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах з підвищенням якості функціонування системи радіозв'язку та оцінка його ефективності.	01.04.2019 – 12.05.2019
Розділ 3	Розрахунок капітальних витрат на проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.	13.05.2019 – 09.06.2019

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Герасіна О.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі: _____

Дата подання до екзаменаційної комісії: _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Бондаренко А.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 66 с., 19 рис., 1 таблиця, 4 додатки, 21 джерело.

Об'єкт розробки – системи рухомого радіозв'язку.

Предмет розробки – пристрій для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення якості функціонування системи радіозв'язку на основі оцінювання за допомогою блоку ідентифікації параметрів і структури системи за сукупністю сигналів, що випромінюються радіостанцією.

Наукова новизна результатів полягає в додаванні на рухомій станції вимірювача частоти і блоку ідентифікації, завдяки чому відбувається оцінювання параметрів і структури системи радіозв'язку та досягається підвищення якості її функціонування.

У першому розділі проаналізовано підходи до організації систем зв'язку з рухомими об'єктами, а також існуючі пристрої для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.

У спеціальній частині роботи спроектовано пристрій для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах з підвищенням якості функціонування системи радіозв'язку та оцінено його ефективність. За наслідками досліджень зроблено висновки щодо рішення поставленої задачі.

У економічному розділі виконані розрахунки трудомісткості та капітальних витрат на проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.

РУХОМИЙ ОБ'ЄКТ, РАДІОПЕРЕДАВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, РАДІОПРИЙМАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, КОНТРОЛЬ РАДІОСТАНЦІЙ, БЛОК ІДЕНТИФІКАЦІЇ, ВИМІРЮВАЧ ЧАСТОТИ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 66 с., 19 рис., 1 таблица, 4 приложения, 21 источник.

Объект разработки – системы подвижной радиосвязи.

Предмет разработки – устройство для контроля радиостанций на подвижных объектах.

Цель квалификационной работы – повышение качества функционирования системы радиосвязи на основе оценки с помощью блока идентификации параметров и структуры системы по совокупности сигналов, излучаемых радиостанцией.

Научная новизна заключается в добавлении на подвижной станции измерителя частоты и блока идентификации, благодаря чему происходит оценивание параметров и структуры системы радиосвязи и достигается повышение качества ее функционирования.

В первой главе проанализированы подходы к организации систем связи с подвижными объектами, а также существующие устройства для контроля радиостанций на подвижных объектах.

В специальной части работы спроектировано устройство для контроля радиостанций на подвижных объектах с повышением качества функционирования системы радиосвязи и оценена его эффективность. По результатам исследований сделаны выводы относительно решения поставленной задачи.

В экономическом разделе выполнены расчеты трудоемкости и капитальных затрат на проектирование устройства для контроля радиостанций на подвижных объектах.

**ДВИЖУЩИЙСЯ ОБЪЕКТ, РАДИОПЕРЕДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО,
РАДИОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО, КОНТРОЛЬ РАДИОСТАНЦИЙ, БЛОК
ИДЕНТИФИКАЦИИ, ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ**

ABSTRACT

Explanatory note: p. 66, fig. 19, 1 tab., 4 additions, 21 sources.

The object of development is a mobile radio communication system.

The subject of development is a device for monitoring radio stations on moving objects.

The purpose of qualifying work is to improve the quality of functioning of a radio communication system based on an assessment using the block of identification of parameters and structure of the system from the set of signals emitted by the radio station.

The scientific novelty consists in adding a frequency meter and an identification block at the mobile station, due to which the parameters and structure of the radio communication system are evaluated and the quality of its operation is improved.

The first chapter analyzes approaches to the organization of communication systems with mobile objects, as well as existing devices for monitoring radio stations on mobile objects.

In a special part of the work, the device was designed for monitoring radio stations at mobile objects with an improved quality of radio communication system functioning and its effectiveness was evaluated. According to the results of research, conclusions are drawn regarding the solution of the problem.

In the economic section, calculations of labor intensity and capital expenditures on the design of a device for monitoring radio stations at mobile objects are made.

MOVING OBJECT, RADIO TRANSFERING DEVICE, RADIO RECEIVING DEVICE, RADIO CONTROL, UNIT IDENTIFICATION, FREQUENCY METER

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АЦП – Аналогово-цифровий перетворювач;
- БС – Базова станція;
- ДІ – Джерело інформації;
- МСБТ – Мікростільникова система бездротової телефонії;
- ПІ – Приймач інформації;
- ПП – Перетворювач повідомлення;
- ПСРР – Професійна система рухомого радіозв'язку;
- РО – Рухомий об'єкт;
- РПДП – Радіопередавальний пристрій;
- РПМП – Радіоприймальний пристрій;
- СБАД – Система бездротового абонентського доступу;
- СНР – Система наземного радіозв'язку;
- СПД – Система передачі даних;
- ССРР – Стільникова система рухомого радіозв'язку;
- ЦАП – Цифро-аналоговий перетворювач;
- CDMA – Code Division Multiple Access – Множинний доступ з кодовим розподілом каналів;
- FDD – Frequency division duplex – Частотний дуплекс;
- FDMA – Frequency Division Multiple Access – Множинний доступ з частотним розподілом каналів;
- TDD – Time division duplex – Часовий дуплекс;
- TDMA – Time Division Multiple Access – Множинний доступ з часовим розподілом каналів.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	9
1. СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	11
1.1 Загальні відомості про системи рухомого радіозв'язку	11
1.1.1 Класифікація засобів наземного радіозв'язку.....	11
1.1.2 Трафік багатоканальних систем радіозв'язку.....	13
1.1.3 Вплив доплерівського ефекту на мобільний зв'язок	15
1.1.4 Особливості поширення радіохвиль в містах	17
1.2 Основи організації систем зв'язку з рухомими об'єктами	23
1.2.1 Принципи організації радіозв'язку	23
1.2.2 Принципи встановлення зв'язку в системах рухомого радіозв'язку	28
1.2.3 Структура рухомої станції	31
1.3 Існуючі пристрої для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах	33
1.4 Висновок. Постановка задачі	41
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	42
2.1 Структурна схема пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.....	42
2.2 Принцип роботи пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.....	49
2.3 Оцінка ймовірності параметричної захищеності пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.....	52
2.4 Висновок	54
3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	56
3.1 Визначення трудомісткості проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.....	56
3.2 Розрахунок витрат на проектування пристрою.....	57
3.3 Висновок	59

	8
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи	63
ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії.....	64
ДОДАТОК В. Відгук керівника економічного розділу.....	65
ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи	66

ВСТУП

В даний час системи рухомого радіозв'язку використовуються нарівні зі стаціонарними. В кожному конкретному випадку потрібно вибирати вид зв'язку, найбільш підходящий до конкретних умов. Природно для того, щоб здійснювати сеанси зв'язку з рухомими об'єктами більш розумно використовувати рухливі системи радіозв'язку. Насправді існує досить багато областей, де зручно використовувати саме такі системи. Це і правоохоронні органи, і рятувальники, і швидка допомога. Крім того, радіозв'язок використовують багато промислових компаній так, де це необхідно. При цьому, незважаючи на поширення мобільного стільникового зв'язку, радіозв'язок залишається затребуваним у багатьох областях.

Системи радіозв'язку з рухомими об'єктами повинні мати досить високі якісні характеристики для того, щоб бути обраними клієнтами. Зокрема до них відносяться: можливість забезпечити стійкий зв'язок, максимально захищений від завад і прослуховування в заданій зоні обслуговування, забезпечення можливості спілкування декількох абонентів або груп абонентів, управління зв'язком має здійснюватися оперативно. Крім того, від каналів зв'язку потрібно, щоб ширина частоти каналу була мінімальною. В умовах високого рівня конкуренції з різними видами зв'язку компанії, які займаються наданням такої послуги, як радіозв'язок, прагнуть максимально відповідати зазначеним вище вимогам, забезпечувати високу функціональність і якість зв'язку, а також обладнання, що використовується. Також спостерігається тенденція до появи додаткових видів послуг для клієнтів. Загалом, можна сказати, що для абонентів така ситуація і конкуренція між різними операторами тільки вигідна.

Для забезпечення радіозв'язку можуть використовуватися різні телекомунікаційні рішення. Радіозв'язок може бути встановлений прямим чином. Даний спосіб найпростіший і має обмеження по дальності. Що стосується обладнання, то тут оператор застосовує тільки радіостанції. Інший спосіб радіозв'язку – це диспетчерська система. При цьому всі абоненти мають

портативні радіостанції, а проміжним пунктом для зв'язку завжди є диспетчерський пункт, тобто безпосередньо вони зв'язатися не можуть. Диспетчер не тільки перерозподіляє виклики, але і займається управлінням групами абонентів. Ще один вид систем рухомого радіозв'язку – використання систем з ретрансляторами. Це дозволяє значно збільшити дальність зв'язку, що, у багатьох випадках абсолютно необхідно. Також для поліпшення роботи такої системи можуть використовуватися контролери. Їх застосування необхідно для того, щоб мати можливість здійснювати ідентифікацію абонентів, стикувати їх з телефонною мережею тощо. Якщо використання ретрансляторів недостатньо, то можна застосовувати багатозонову систему замість однозонавої. Крім цього популярними є системи радіозв'язку транкінгового типу, які використовують динамічний спосіб розподілу каналів для зв'язку між абонентами. Найбільш розумно його використовувати у тому випадку, коли абонентів або груп абонентів дуже багато.

Таким чином, вдосконалення пристроїв для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах наразі є актуальною задачею.

Метою роботи є підвищення якості функціонування системи радіозв'язку на основі оцінювання за допомогою блоку ідентифікації параметрів і структури системи за сукупністю сигналів, що випромінюються радіостанцією.

Постановка задачі:

- проаналізувати підходи до організації систем зв'язку з рухомими об'єктами;
- провести аналіз існуючих пристроїв для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах;
- спроектувати пристрій для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах з підвищенням якості функціонування системи радіозв'язку;
- оцінити ефективність розробленого пристрою.

1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Загальні відомості про системи рухомого радіозв'язку

1.1.1 Класифікація засобів наземного радіозв'язку

Радіозасоби наземного радіозв'язку поділяють за належністю до системи на несистемні кошти децентралізованого зв'язку та системні централізовані засоби систем наземного радіозв'язку (СНР) [1].

При децентралізованому зв'язку абонентські станції пов'язані конференц-зв'язком з іншими абонентськими станціями безпосередньо (до 10...20 км) або через ретранслятори (до 100...200 км). У першому випадку зв'язок здійснюється в симплексному режимі на одному частотному каналі. При використанні ретранслятора абонентські радіостанції працюють в напівдуплексному режимі (на двох частотних каналах з перемиканням на прийом і передачу), а ретранслятор – в дуплексному (на двох частотних каналах одночасно на прийом і передачу).

У СНР зв'язок абонентських станцій забезпечується за абонентськими станціями через базові станції (БС) з керуючими контролерами в автоматизованому режимі.

СНР класифікують таким чином:

1. За способом доступу до обладнання та поділу каналів:

- з частотним доступом і розподілом (FDMA);
- часовим доступом і розподілом (TDMA);
- кодовим доступом і розподілом (CDMA).

2. За способом організації дуплексних каналів:

- з частотним дуплексом (FDD);
- часовим дуплексом (TDD).

3. За територіальною ознакою:

- радіальні однозонові;

- радіальні багатозонові;
- магістральні багатозонові;
- стільникові (завжди багатозонові).

4. За призначенням БС, що входять до складу СНР:

- з БС – ретранслятором;
- БС – телефонним інтерфейсом або комутатором;
- БС – вузлом зв'язку.

5. За взаємозв'язком БС:

- з незалежними БС;
- пов'язаними БС (виділеними, комутованими, радіорелейними, оптоволоконними і іншими лініями зв'язку).

6. За типом каналів зв'язку:

- з закріпленими (фіксованими) каналами зв'язку;
- однаково доступними каналами зв'язку.

7. За принципом керування системою:

- з централізованим керуванням;
- керуванням з боку абонентської станції;
- комбінованим керуванням.

8. За класом радіосистеми:

- системи бездротового абонентського доступу (СБАД);
- мікrostільникові системи бездротової телефонії (МСБТ);
- системи передачі даних (СПД);
- стільникові системи рухомого радіозв'язку (ССРР);
- професійні системи рухомого радіозв'язку (ПСРР).

ССРР і ПСРР застосовують для мобільного зв'язку рухомих абонентів. У них враховані: розширення смуг сигналів внаслідок доплерівського ефекту; завмирання сигналів при русі в міській забудові в умовах суттєвої інтерференції електромагнітного поля.

МСБТ і СБАД обслуговують тільки стаціонарних (або малорухомих) абонентів.

В СПД цифрові дані (текстові, графічні, мультимедійні та інші) передаються між комп'ютерами (контролерами).

1.1.2. Трафік багатоканальних систем радіозв'язку

Особливість СНР загального користування полягає в тому, що абоненти таких систем випадковим чином здійснюють виклики. Сукупність викликів є множиною, що змінюється в часу. Обсяг технічних засобів системи повинен бути достатнім, щоб обслуговувати виклики в період максимальної активності абонентів [1, 2].

Описує ці процеси теорія телетрафіка. «Теорія ймовірності і телефонні розмови» – одна з перших робіт датського вченого А.К. Ерланга з теорії телетрафіка, опублікована в 1909 р. Основний параметр цієї теорії – «трафік» багатоканальної системи

$$y = \frac{NMT}{T_p}, \quad (1.1)$$

де N – кількість абонентів; M – кількість сеансів зв'язку одного абонента; T – тривалість сеансу зв'язку; T_p – час роботи системи радіозв'язку.

Трафік описує відносний час усіх збудованих в ланцюжок сеансів зв'язку до повного часу T_p роботи системи радіозв'язку.

Трафік, коли сеанси зв'язку повністю займають в часі одноканальну систему, має величину 1 Ерланг (1 Ерл). при повній завантаженні L -канальної системи – $y = L$ Ерл.

Доля викликів, які не знаходять вільний канал зв'язку, може бути різною. Існують два випадки розподілу необслугованих викликів.

У першому випадку виклики, які не отримали негайного обслуговування, залишають систему і не повертаються в неї протягом деякого періоду, більшого часу T сеансу зв'язку. Таке припущення призводить до розгляданню системи з відмовами і до формули ймовірності відмови (або втрат), відомої як формула «В» Ерланга:

$$P_B(L, y) = \frac{y^L / L!}{\sum_{l=0}^L (y^l / l!)} \quad (1.2)$$

Ймовірність відмови каналу у відсотках, якщо

$$y^L = (e^{\ln y})^L = e^{L \ln y}, \quad (1.3)$$

може бути записана у вигляді

$$P_B = \frac{100 \cdot e^{L \ln Y}}{L! \left(1 + e^{\ln Y} + \frac{e^{2 \ln Y}}{2!} + \dots + \frac{e^{L \ln Y}}{L!} \right)} \quad (1.4)$$

Ймовірність протилежної події отримання каналу зв'язку без відмови $P_{B0} = 1 - P_B$.

У другому випадку виклики, які застали всі канали зайнятими, стають у чергу, чекають звільнення каналу і займають його відповідно до черговості на необхідний час. Тоді формула ймовірності затримки з очікуванням відома як формула «С» Ерланга:

$$P_C(L, y) = P_0 \frac{y^L L}{L! (L - y)} \quad (1.5)$$

де P_0 – ймовірність «передзвону» (повтору запиту зв'язку) в процентах.

Ймовірність затримки зв'язку з урахуванням того, що $0 \leq P_C \leq 100\%$, перетворена на основі (1.3), має вигляд

$$P_C = \frac{P_0 e^{L \ln Y}}{(L - 1)! (L - y)}, \text{ якщо } y < L$$

$$P_C = 100, \text{ якщо } y \geq L. \quad (1.6)$$

Між цими випадками знаходяться системи змішаного типу. Модель однією з таких систем отримують в припущенні, що при повній зайнятості каналів виклики залишаються в системі на час, що дорівнює тривалості сеансу зв'язку. Якщо з моменту надходження виклику один з каналів звільняється, то дзвінок на утриманні займає канал на час, що дорівнює частині тривалості

сеансу зв'язку. У всіх випадках виклик залишає систему необслугованою через час, рівний тривалості сеансу зв'язку.

Ймовірність відмови після очікування протягом часу, рівного тривалості сеансу зв'язку, в даній системі описується формулою «А» Ерланга:

$$P_A(L, y) = \sum_{l=L}^{\infty} \frac{y^l}{l!} e^{-y} \quad (1.7)$$

Ймовірність відмови каналу після очікування в процентах і з точністю до четвертого доданка (приблизно до 0,1%) визначається співвідношенням

$$P_A = \frac{100 \cdot y \left(1 + \frac{1}{L+1} + \frac{1}{(L+1)(L+2)} \right)}{L! e^y} \quad (1.8)$$

Всі формули Ерланга засновані на тому, що частота надходження викликів $\lambda = NM/Tr$, що є випадковою величиною, підпорядковується пуасонівському закону розподілу, а тривалість зайнятості каналу передбачається незалежною і рівномірно розподіленою. При цьому ймовірність надходження k викликів (дискретна випадкова величина) протягом часу t

$$Pk = \left(\frac{(\lambda t)^k}{k!} \right) \exp(-\lambda t), \lambda t > 0, k \geq 0. \quad (1.9)$$

Системи радіозв'язку загального користування, наприклад ССПР, найбільш точно описуються формулами телетрафіка з відмовами, а системи з диспетчером – телетрафіка з очікуванням.

Таким чином, розглянуті фрагменти теорії телетрафіка дозволяють відповісти на питання про пропускну здатність і навантаження радіосистеми.

1.1.3. Вплив доплерівського ефекту на мобільний зв'язок

Ефект Доплера застосовують у медичній ультразвуковій діагностиці і в радіолокації рухомих об'єктів. У засобах мобільного радіозв'язку він призводить до негативних наслідків, що потрібно враховувати [3, 4].

Засоби рухомого радіозв'язку використовують в умовах сучасного автомобільного і залізничного транспорту, який рухається зі швидкістю від 10 до 500 км/год. При таких швидкостях істотні доплерівські зміщення частот приймачів і передавачів систем зв'язку, які взаємно переміщуються. Необхідно, щоб принципи і алгоритми функціонування систем їх враховували, а працездатність засобів зв'язку від них не залежала.

Доплерівське зміщення частот визначають таким чином:

$$\Delta f_d = v/\lambda = v/(c/f) = vf/c, \quad (1.10)$$

де λ і f – довжина хвилі і частота передавача; v – швидкість переміщення приймача щодо передавача засобів радіозв'язку; $c=3 \cdot 10^8$ м/с – швидкість поширення світла.

Наприклад, при частоті 2 ГГц і швидкості 500 км/год доплерівське зміщення частоти складає близько 1000 Гц.

Доплерівські зміщення частот в радіоканалах систем зв'язку мають такі негативні ефекти:

- несучі коливання можуть виходити за межі смуг пропускання приймачів засобів зв'язку, при цьому зв'язок погіршиться;

- виникають спектральні складові доплерівських тональних і субтональних частот, це може привести до спрацьовування засобів викличної сигналізації або перескок частоти з однієї на іншу частоту сітки;

- нерівномірність швидкості руху абонентів призводить до непостійності доплерівських частот й, отже, появи шуму випадкової частотної модуляції, при цьому доплерівській шум, потрапляючи в смугу модулюючих звукових частот, є перешкодою і погіршує співвідношення сигнал/шум;

- доплерівські зміщення частот приводять до доплерівської часової затримки, яка обернено пропорційна доплерівському зміщенню частоти, тобто

$$\Delta t = 1 / \Delta f_d. \quad (1.11)$$

У системах радіозв'язку застосовують такі способи боротьби з проявами доплерівського ефекту:

- синхронізація несучих засобів системного радіозв'язку (в системах з TDMA доступом синхронізація – основний принцип забезпечення правильного функціонування систем та одночасно ефективний спосіб захисту від ефекту Допплера);

- розширення смуги каналів зв'язку, щоб вони значно перевершували доплерівські зміщення (це реалізується автоматично, наприклад в системах з TDMA і CDMA доступом).

У стільникових системах рухомого радіозв'язку та професійних системах рухомого радіозв'язку ці способи боротьби з доплерівськими ефектами обов'язкові, оскільки ці системи призначені для обслуговування рухомих абонентів

1.1.4 Особливості поширення радіохвиль в містах

Міська забудова, що складається із залізобетонних конструкцій, має виражені екрануючі і відбиваючі властивості [5]. Дециметрові радіохвилі, що використовуються в стільниковому зв'язку з рухомими об'єктами (РО) слабо огинають перешкоди, поширюються в основному по прямій і мають численні відображення від будівель і підстильної поверхні (рис. 1.1).

Визначальні принципи поширення радіохвиль ССПР – дифракція і інтерференція. Наслідки такого багатопроменевого поширення – більш швидке, ніж у вільному просторі, спадання інтенсивності сигналу з відстанню в «тіні» будівель внаслідок дифракції та виражена нерівномірність (провали й підйоми) електромагнітного поля в результаті інтерференції.

На рис. 1.2 показана залежність амплітуди U сигналу від відстані s і від часу t при переміщенні зі швидкістю v . Ці залежності мають однаковий вигляд, але різний масштаб по горизонтальній осі, оскільки $s=vt$. Для стільникових систем стандарту GSM напівперіод варіацій амплітуди відповідає переміщенню телефону в просторі на 15 см.

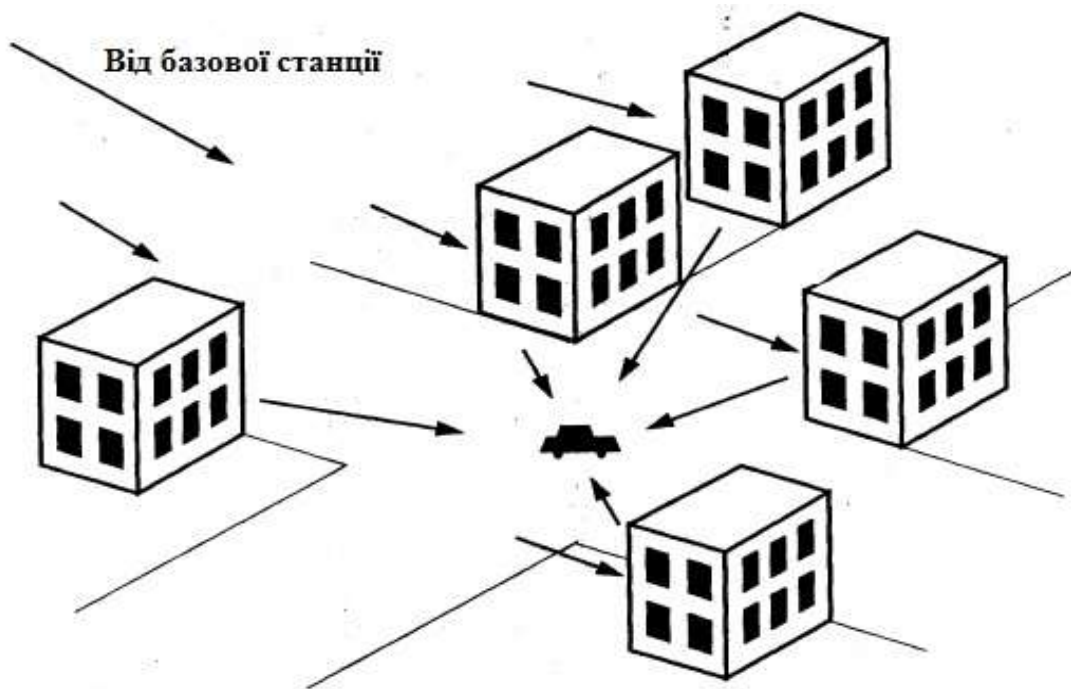


Рисунок 1.1 – Поширення радіохвиль в містах

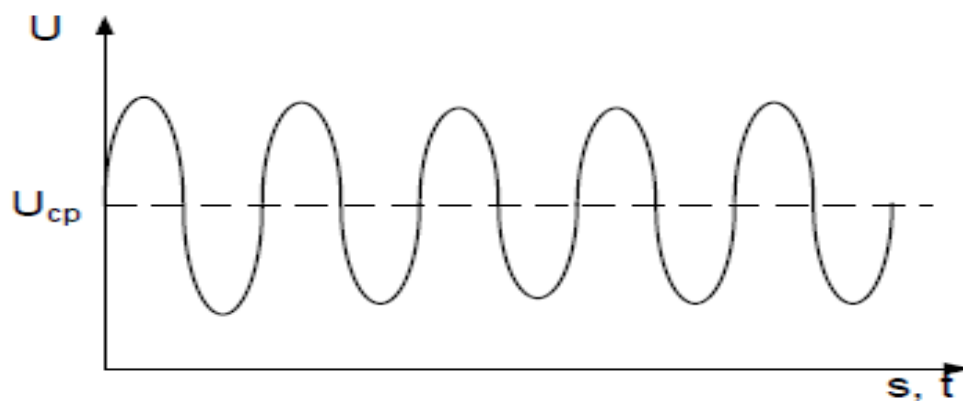


Рисунок 1.2 – Залежність амплітуди сигналу від відстані і від часу

При мобільному зв'язку, тобто русі абонентського апарату завмирання сигналу, практично завжди є дві складові – швидка (внаслідок інтерференції) і повільна (в результаті дифракції) [1, 6].

Швидкі завмирання описують релеевським законом розподілу і моделюють законом Релея-Райса

$$W(U) = \left(\frac{U}{\sigma^2} \right) \exp\left(-\frac{U^2}{2\sigma^2} \right) \exp(-Q_0) I_0\left(\frac{U}{\sigma} \sqrt{2Q_0} \right), \quad (1.12)$$

де U – амплітуда сигналу; σ^2 – середня потужність або дисперсія варіацій сигналу; Q_0 – відношення потужності прямого сигналу до середньої потужності відбитих сигналів; I_0 – модифікована функція Бесселя першого роду нульового порядку.

Якщо прямий сигнал відсутній, а приймаються тільки відбиті сигнали, то $Q_0=0$ і щільність розподілу ймовірностей описується законом Релея

$$W(U) = \left(\frac{U}{\sigma^2} \right) \exp \left(-\frac{U^2}{2\sigma^2} \right). \quad (1.13)$$

Діапазон змін рівня сигналу при швидких завмираннях може досягати 40 дБ, з яких приблизно 10 дБ – перевищення над середнім рівнем і 30 дБ – провали нижче середнього рівня, причому більш глибокі провали зустрічаються рідше, ніж менш глибокі.

При нерухомому абонентському апараті інтенсивність сигналу, природно, не змінюється. При переміщенні рухомої станції періодичність флуктуації в просторі становить близько півхвилі, тобто близько 10...15 см в лінійній мірі. Період флуктуації в часі залежить від швидкості переміщення рухомої станції. Наприклад, при швидкості 50 км/год період флуктуації становить близько 10 мс, а при 100 км/год – близько 5 мс.

Повільні завмирання обумовлені зміною умов затінення при переміщенні рухомої станції і підкоряються логарифмічно нормальному закону розподілу [5]:

$$W(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma U} \exp \left[-\frac{(\ln U - U_{cp})^2}{2\sigma^2} \right], \quad (1.14)$$

де U_{cp} і σ^2 – параметри, що характеризують середній рівень амплітуди і глибину завмирань.

Інтенсивність повільних флуктуацій не перевищує 5 ... 10 дБ, а їх періодичність відповідає переміщенню рухомої станції на десятки метрів. Фактично при переміщенні рухомої станції повільні завмирання є зміною середнього рівня сигналу в результаті дифракції, на них накладаються швидкі

завмирання внаслідок інтерференції сигналів при багатопроменевому поширенні [6-8].

При цьому виникають спотворення результуючого сигналу типу межсимвольної інтерференції, коли сигнали настільки відрізняються за різницею ходу, що післядетекторні символи коду «налазять» на сусідні.

При зв'язку з рухомими об'єктами основний внесок вносять швидкі завмирання, оскільки вони більш інтенсивні. При цьому співвідношення сигнал / шум падає настільки сильно, що корисна інформація може істотно спотворюватися шумами аж до повної її втрати. Крім цього, способи боротьби з швидкими завмираннями радіохвиль ефективно усувають і прояви повільних завмирань.

Застосовують такі методи боротьби з швидкими завмираннями: рознесений прийом та еквайзинг.

Способи рознесеного прийому полягають в спільному використанні декількох сигналів, що розрізняються по будь-якому параметру каналів зв'язку. Причому рознесення потрібно вибирати таким чином, щоб ймовірність одночасних завмирань всіх сигналів була набагато менше, ніж якогось одного з них. Іншими словами, ефективність рознесеного прийому тим вище, чим менше корельовані завмирання в складових сигналах.

Можливі варіанти рознесеного прийому:

- з рознесенням у часі – використовують сигнали, зсунуті в часі один відносно іншого, при цьому часовий розніс обирають близьким до напівперіоду швидких завмирань (цей метод порівняно легко реалізується при TDMA, але якість прийому поліпшується на збиток пропускної здатності каналу зв'язку);

- з рознесенням за частотою – використовують сигнали, що передаються на декількох частотах із зсувом більше 300 кГц при FDMA, «платою» є розширення використовуваної смуги частот;

- з рознесенням за кутом або напрямком – сигнали приймаються кількома антенами з неузгодженими (що не повністю перекриваються) діаграмами спрямованості, а сигнали з виходів різних антен корельовані тим слабкіше, чим

менше перекриття діаграм спрямованості, при цьому падає ефективність прийому, щонайменше, для всіх антен, крім однієї;

- з рознесенням за поляризацією – дві антени приймають сигнали двох взаємно ортогональних поляризацій;

- з рознесенням у просторі, тобто прийомом сигналів кількома просторово рознесеними антенами, цей метод найбільш поширений (коли говорять про рознесеному прийомі, саме його мають на увазі).

При багатопроменевому поширенні радіохвиль поряд з основними кодовими комбінаціями переданих даних з'являються «ехо-сигнали» (рис. 1.3), що призводить до міжсимвольних спотворень даних.

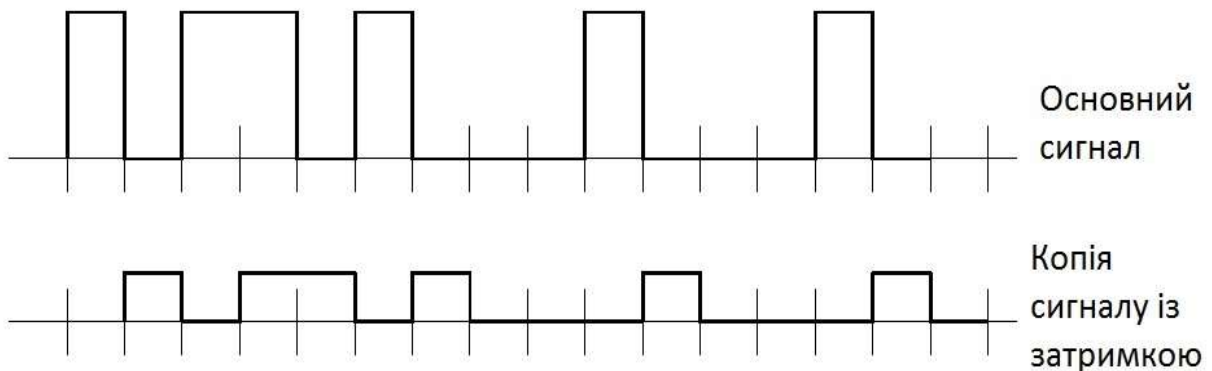


Рисунок 1.3 – Основний та «ехо-сигнал»

У системах радіозв'язку для компенсації міжсимвольних спотворень застосовують методи еквалайзинга [1, 9].

Еквалайзер – це адаптивний фільтр, що настроюється таким чином, щоб сигнал на його виході був більшою мірою очищений від «ехо-сигналів». Найпростіша реалізація еквалайзера (рис.1.4) – трансверсального фільтру. Така схема може істотно послабити міжсимвольні спотворення. Вхідний сигнал еквалайзера складається з основного сигналу-послідовності однобітових символів і його копії, ослабленої в три рази і зрушено в часі на тривалість τ одного символу (рис. 1.3).

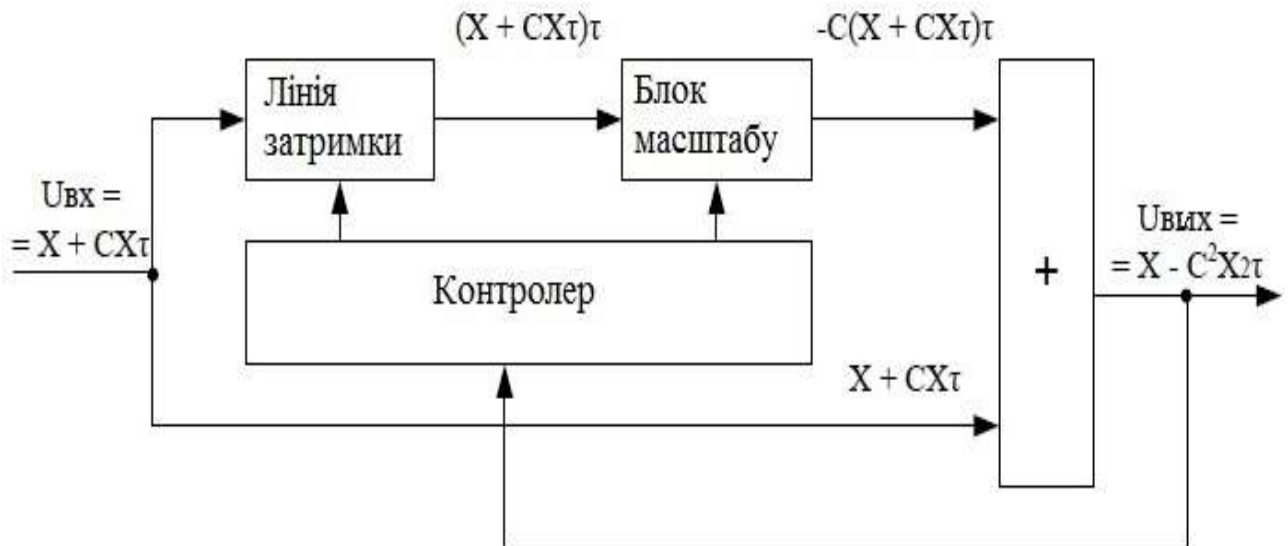


Рисунок 1.4 – Схема трансверсального фільтру

Якщо дискрет лінії затримки фільтра дорівнює τ , а значення коефіцієнта в першому відведенні $C_1 = -1/3$, то при додаванні вхідного сигналу і сигналу з першого відводу отримаємо, що основний (перша складова вхідного сигналу) залишається без змін, а друга складова вхідного сигналу компенсується першою складовою, затриманою на τ (сигналу з першого відводу лінії затримки), друга складова затриманого сигналу дає копію основного, але ослаблену вже в дев'ять разів, затриману на 2τ і з протилежним знаком. Якщо у другому відведенні лінії затримки коефіцієнт $C_2 = 1/9$, то при складення вхідного і двох затриманих сигналів отримаємо незмінний основний сигнал і його копію, затриману на 3τ і ослаблену в 27 разів.

Таким чином, в розглянутому прикладі додавання кожного наступного елемента лінії затримки з відповідним значенням коефіцієнта C призводить до ослаблення спотворюючого сигналу в три рази і до додаткової затримки його в часі на τ .

В реальній ситуації число променів більше двох, амплітуди складових, їх число і затримки заздалегідь невідомі. Крім того, при переміщенні абонентського апарату картина безперервно змінюється. Тому фільтр слід налаштувати адаптивно відповідно до конкретної ситуації, що складається і

використанням навчальних послідовностей C і τ , змінюваних за критерієм мінімальних міжсимвольних спотворень.

При великих рівнях сигналів більш ефективні нелінійні еквайзери.

1.2 Основи організації систем зв'язку з рухомими об'єктами

1.2.1 Принципи організації радіозв'язку

Найпростіша схема радіозв'язку показана на рис. 1.5 і складається з джерела інформації (ДІ), перетворювача повідомлення (ПП), радіопередавального пристрою (РПДП), радіоприймального пристрою (РПМП), детектора (Дет) та приймача інформації (ПІ) [10].

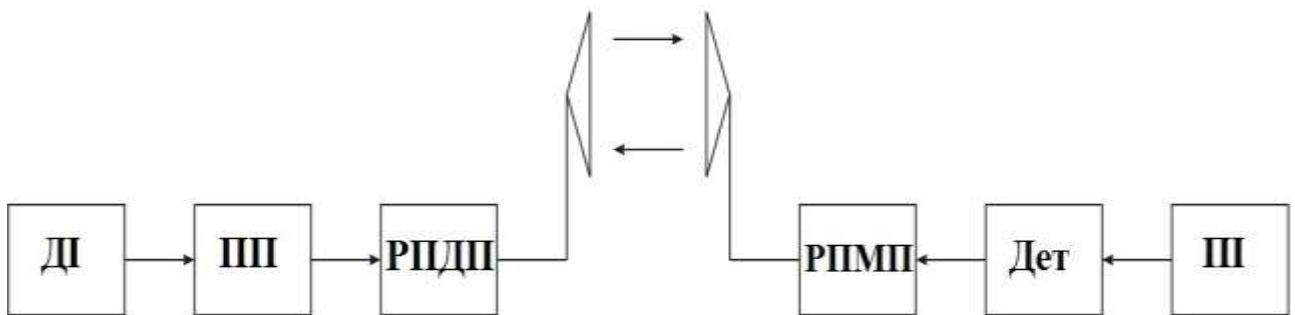


Рисунок 1.5 – Схема організації радіозв'язку

Необхідність модуляції сигналу пов'язана з тим, що інформація, що перетворена в електричний сигнал, має відносно низьку частоту, яка, як відомо, погано випромінюється. Модульовані ВЧ коливання (радіосигнал), подаються в передавальну антену і збуджують у навколишньому просторі електромагнітні хвилі. Невелика частина енергії електромагнітних хвиль від передавача досягає приймальної антени і створює в ній слабкий модульований струм високої частоти.

У приймальнику ВЧ (РПМП) модульовані коливання посилюються і потім перетворюються в Детекторі (Дет) назад в сигнал такого ж виду, як отриманий в пункті передачі від перетворювача. Таке перетворення називається

детектуванням. Далі сигнал надходить до ПІ – телефон, телевізійну приймальню трубку ті інше, після чого прийнята інформація надходить до одержувача.

Комплекс з передавача, передавальної антени, середовища поширення хвиль, приймальної антени і приймача утворює радіолінію.

Одностороння передача використовується частіше не в радіозв'язку, а в звуковому і теле-, радіомовленні, в службах передачі інформації для агентств друку, метеорологічної інформації, сигналів точного часу, точної частоти тощо. Щоб поліпшити ефективність використання обладнання і збільшити пропускну здатність радіолінії, застосовують апаратуру ущільнення (рис. 1.6). Передавальна частина апаратури утворює з сигналів різних джерел інформації $1a-1n$, перетворених перетворювачами $2a-2n$, єдиний груповий сигнал. Приймальна частина цієї апаратури розділяє сигнали, проводить їх перетворення ($5a-5n$), після чого вони надходять до споживачів $6a-6n$. Сукупність технічних засобів, що забезпечують передачу повідомлення від одного джерела інформації до одержувача, називається каналом радіозв'язку. Система радіозв'язку з ущільненням радіолінії називається багатоканальним радіозв'язком.

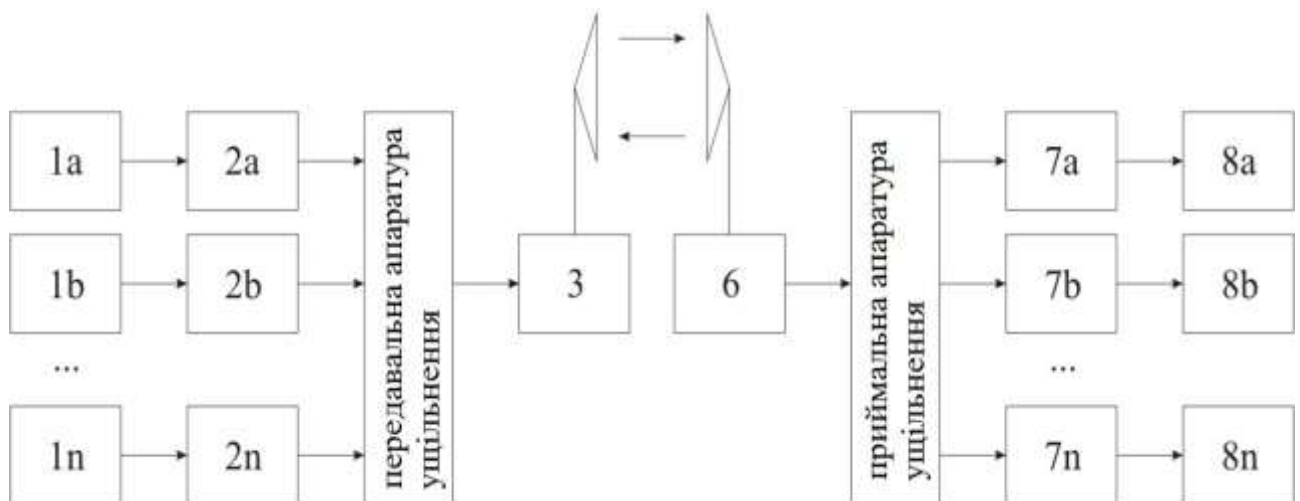


Рисунок 1.6 – Система радіозв'язку з ущільненням радіолінії

Для обміну інформацією між двома пунктами організується двосторонній радіозв'язок, який забезпечується за допомогою двох комплектів обладнання одностороннього зв'язку, що діють назустріч один одному. У кожному кінцевому пункті двосторонньої лінії радіозв'язку розміщуються і приймальне і передавальне обладнання. Джерело і одержувач інформації зазвичай суміщені, а також передавач і приймач в деяких випадках об'єднуються в єдину приймально-передавальну радіостанцію. У такому пункті замість двох антен може бути одна загальна приймально-передавальна антена [11, 12].

Двосторонній радіозв'язок може організовуватися за наступними варіантами:

1. Симплексний зв'язок – обидва передавача працюють на однаковій частоті, тобто і приймачі налаштовані на одну і ту ж частоту. У цьому випадку радіолінія в обидві напрямки одночасно працювати не може, робота проводиться по черзі в одному з напрямків.

2. Дуплексний зв'язок – передавачі працюють на різних частотах (тобто і приймачі налаштовані на різні частоти); в цьому випадку радіолінія в обидва напрямки може працювати одночасно.

3. Полудуплексний зв'язок (двочастотний симплекс) – здійснюється з використанням двох частот: приймальної і передавальної, по черзі. Сигнал приймається на одній частоті, а передається на іншій. В один момент часу абонент може перебувати або в режимі «прийом» або «передача».

Полудуплекс використовується в наступних випадках. Зазвичай первинним завданням будь-якої системи зв'язку є забезпечення необхідної (дуже великий) дальності зв'язку. Однак дальність обмежена через те, що планета являє собою кулю, кривизна поверхні якого не дозволяє здійснювати зв'язок за межі горизонту. А це означає, що зв'язок між портативними радіостанціями, на відкритій рівнинній місцевості, можливий на відстані близько 5 км. Якщо треба більше (99.9% випадків), то застосовують ретранслятори.

Ретранслятор це пристрій, що приймає радіосигнал і передає його в ефір. Найбільшу зону охоплення матиме ретранслятор, встановлений на штучному супутнику Землі в космосі. На Землі для забезпечення заданого охоплення встановлюють ретранслятор на штучному або природному висотному спорудженні. Практично жодна сучасна система зв'язку не обходиться без ретранслятора. Принцип ретрансляції наведено на рис. 1.7.



Рисунок 1.7 – Принцип ретрансляції

Оскільки ретранслятор (рис. 1.7) безперервно передає прийняті сигнали (дуплекс), то він не може робити це на одній і тій же частоті (сигнали передавача будуть тут же прийматися приймачем – замкнуте коло). Тому двобічний ретранслятор працює на різних частотах, номінали яких повинні відрізнятися на певну величину (залежить від обладнання, системи та інше). Відповідно в абонентських радіостанціях повинні використовуватися ті ж частоти, але в «перевернутому» вигляді (приймальня частота ретранслятора повинна відповідати передавальній у радіостанції, і навпаки). Оскільки в усіх абонентських радіостанціях однакові передавальні і приймальні частоти, то прямий зв'язок між ними неможливий. Виходить, що ретранслятор безперервно

випромінює сигнал, що приймається, а в абонентських радіостанціях режим прийом / передача повинен перемикатися. В один момент часу або говорю або слухаю.

Чим вище чутливість і потужність ретранслятора і вище встановлені антени, тим більшу зону можна охопити сталим радіозв'язком. У тому випадку якщо не вистачає частот, грошей або того й іншого (найбільш поширений випадок), то можна обійтися симплексом. В такому випадку абонентське обладнання залишається тим же, тільки в ньому програмуються однакові приймальні та передавальні частоти, а в якості ретранслятора можна використовувати звичайну абонентську радіостанцію.

Для роботи такого ретранслятора потрібен спеціальний пристрій – контролер симплексного ретранслятора. Пристрій являє собою так званий цифровий магнітофон, який записує вхідне електронне повідомлення до тих пір, поки воно присутнє в ефірі. Після зникнення сигналу, контролер перемикає радіостанцію в режим передачі, й записане повідомлення відтворюється в ефірі. При всій простоті і відносній дешевизні методу, у нього є серйозний недолік: абонент повинен витратити час на обговорювання повідомлення, і потім чекати, поки воно відтворюється в ефірі, тобто на радіопереговори при використанні симплексного ретранслятора потрібно в два рази більше часу, ніж при використанні дуплексного.

Таким чином, дуплекс застосовують при безперервній ретрансляції, а симплекс – у випадках прямого зв'язку (без ретрансляторів) або в разі симплексної ретрансляції. Лінія радіозв'язку може складатися з декількох або багатьох відрізків, в межах яких передача радіосигналів забезпечується комплектами приймально-передавального обладнання. Сигнали з одного пункту приймаються в іншому, посилюються і передаються далі в третій пункт, там знову посилюються і передаються в четвертий пункт і так далі. Така побудова радіолінії називається радіорелейною лінією зв'язку (рис. 1.8), а умовне зображення наведено на рис. 1.9.

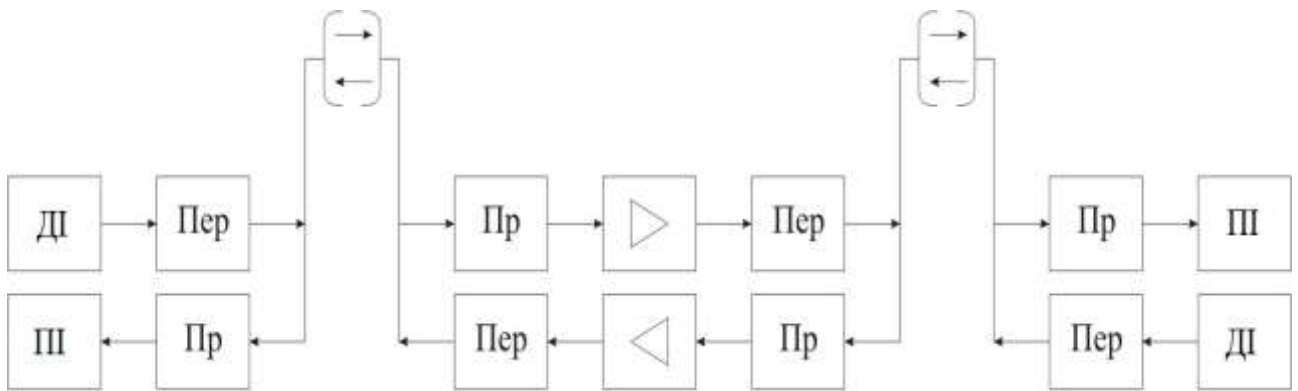


Рисунок 1.8 – Структурна схема радіорелейної лінії зв'язку

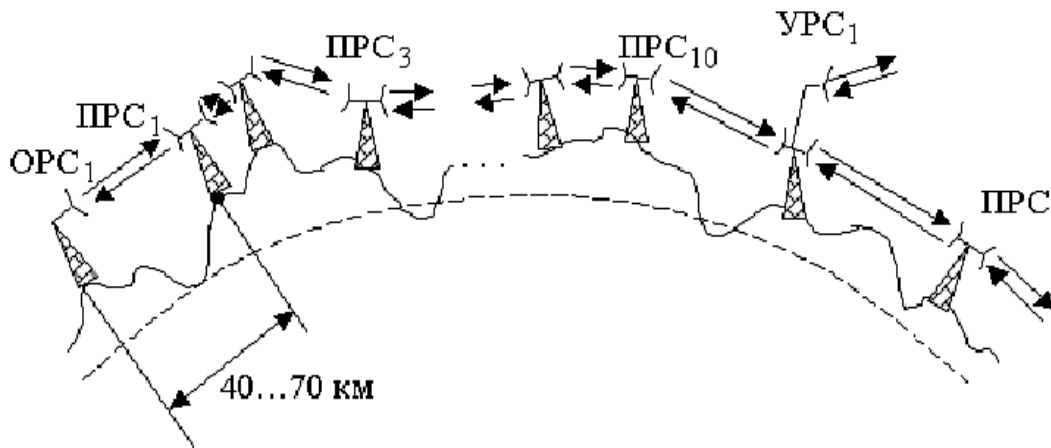


Рисунок 1.9 – Схематичне уявлення радіорелейної лінії

Таким же чином діють супутники зв'язку: сигнал з однієї наземної станції приймається на штучний супутник Землі, посилюється і через передавач супутника передається на іншу наземну станцію, що знаходиться на великій відстані від першої. Лінії радіорелейного зв'язку, також як і лінії супутникового зв'язку, завжди мають на кінцевих пунктах апаратуру ущільнення і дозволяють передавати великі потоки інформації.

1.2.2 Принципи встановлення зв'язку в системах рухомого радіозв'язку

Структурна схема стільникової системи рухомого зв'язку представлена на рисунку 1.10.

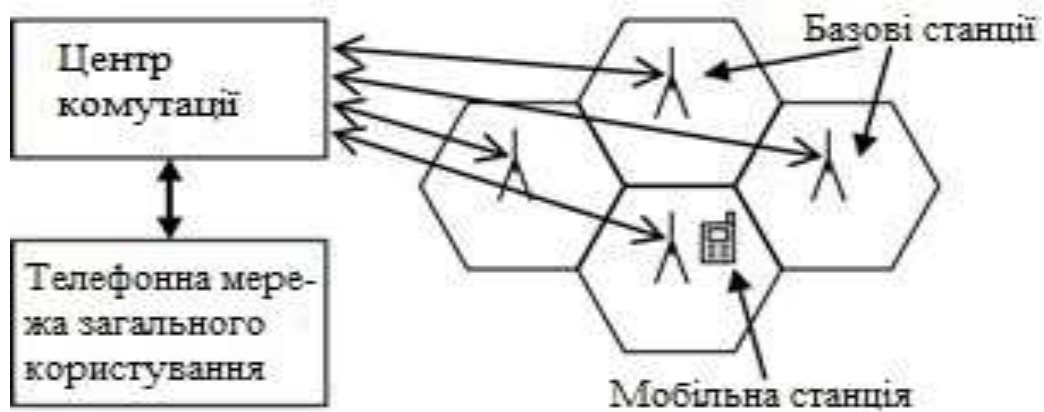


Рисунок 1.10 – Структурна схема стільникової системи рухомого радіозв'язку

Територія, що обслуговується, розбивається на осередки відповідного розміру. Приблизно в центрі кожного осередку встановлюється базова станція, що включає в себе приймально-передавальний пристрій, антенно-фідерний пристрій для утворення радіоканалів з мобільними станціями і керуючий пристрій (контролер). Контролер призначений для обробки з'єднань мобільної станції з іншою мережею. Мобільна станція може перебувати в будь-якому місці, що обслуговується. Ядром системи є центр комутації, до якого підключена кожна базова станція спеціальним каналом зв'язку. Центр комутації також має вихід на телефонну мережу загального користування і керує встановленням з'єднань, як між мобільними станціями, так і стаціонарними телефонами [12-16].

У стільникових системах між мобільною станцією і базовою станцією можуть бути встановлені канали зв'язку двох типів: канали керування і інформаційні канали. Канали керування призначені для обміну інформацією, пов'язаною з виконанням заявки на обслуговування, викликом абонента і встановленням з'єднання між абонентами. У свою чергу канал керування ділиться на прямий (від базової станції) і зворотний (від мобільної станції). Інформаційні канали призначені для передачі мови або даних між користувачами.

Мобільна станція постійно працює в режимі чергового прийому на каналі виклику. Попередньо (при включенні) виконується ініціалізація мобільної станції: мобільна станція сканує прямі канали керування сусідніх базових станцій і обирає канал з найсильнішим сигналом (найближчу базову станцію). По вільному зворотному каналу керування мобільна станція передає в центр комутації свої персональні дані, які використовуються для реєстрації мобільної станції. Операції обміну службовою інформацією з базовою станцією регулярно повторюються, поки включена мобільна станція. Крім того, мобільна станція контролює сигнали виклику.

У системах рухомого зв'язку повинна бути забезпечена безперервність зв'язку при переміщенні абонента з одного стільника в інший. Для цього мобільна станція постійно сканує канали керування сусідніх базових станцій і вибирає канал з найсильнішим сигналом. Це дозволяє стежити за переміщенням мобільної станції, і якщо мобільна станція входить в іншу клітинку, вибирається нова базова станція. Така організація зв'язку мобільних станцій називається естафетною передачею, яка виконується без переривання сеансу зв'язку, а в сучасних системах й непомітно для абонентів.

Заявка на сеанс зв'язку від мобільної станції відправляється по вільному каналу керування через базову станцію на центр комутації. Центр комутації за даними реєстрації мобільних станцій визначає базову станцію, в зоні дії якої в даний момент знаходиться мобільна станція, що викликається, і направляє їй номер абонента, що викликається. Базова станція по прямому каналу управління направляє дзвінок абонента.

Мобільна станція, що викликається, в потоці службової інформації прямого каналу керування розпізнає за номером адресоване їй повідомлення і направляє відповідь базовій станції. За цією відповіддю центр комутації встановлює канал зв'язку між базовими станціями, що обслуговують абонентів, а також інформаційні канали всередині стільника, за якими обмінюються інформацією базова і мобільна станції. Відповідні сигнали від центру комутації передаються на базові станції, а потім на мобільні станції, в результаті чого

мобільні станції перейдуть на виділені їм інформаційні канали. Якщо під час сеансу зв'язку мобільна станція переходить в зону дії іншої базової станції, то під управлінням центру комутації старий канал замінюється новим без переривання сеансу зв'язку.

1.2.3 Структура рухомої станції

Будь-яку рухому станцію умовно можна розділити на три основних блоки (рис. 1.11) [17, 18]: антенний блок; блок керування; приймально-передавальний блок.

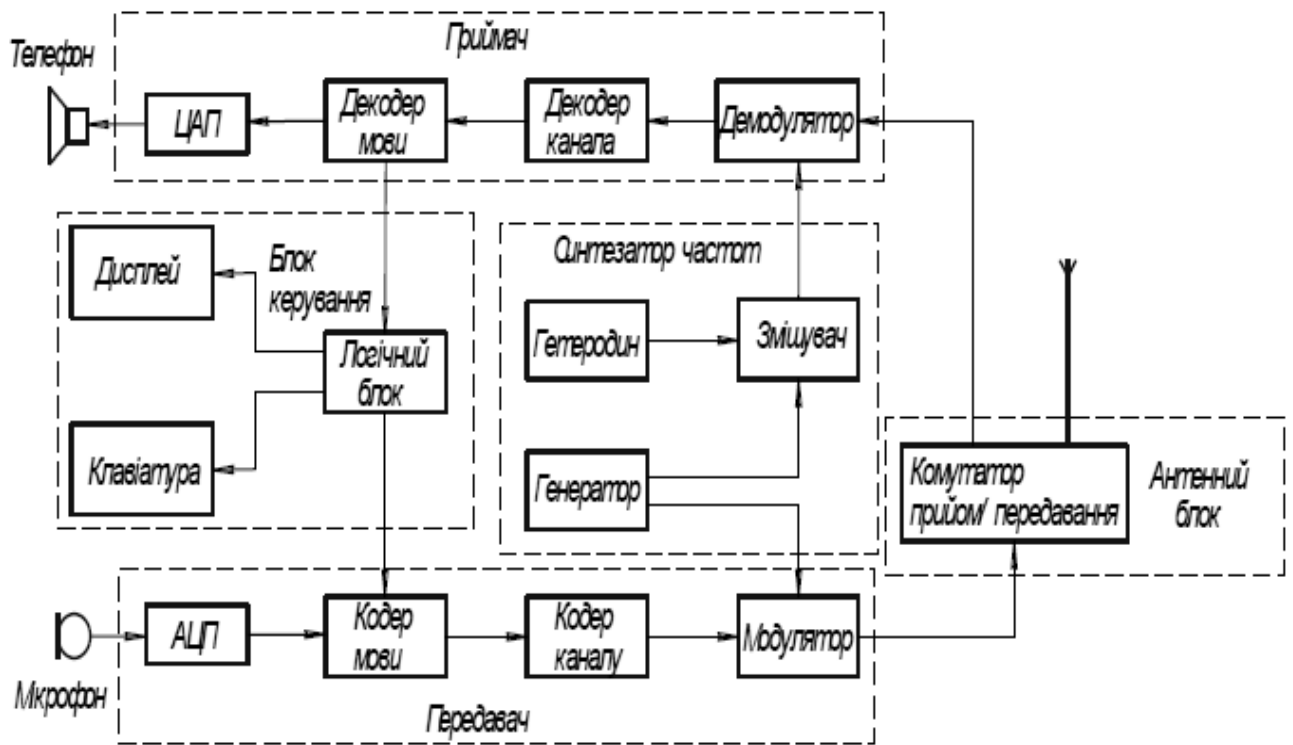


Рисунок 1.11 – Блок-схема рухомої станції

Антенний блок складається із самої антени, що являє собою чвертьхвильовий штир, і дуплексного роздільника каналів прийому й передачі.

Блок керування включає мікрофон, динамік, клавіатуру та дисплей.

Більш складним за своєю структурою є приймально-передавальний блок. До складу передавача цифрової рухомої станції входять такі елементи:

- аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) – для перетворення сигналу з виходу мікрофона в цифрову форму;

- кодер мови здійснює кодування мовного сигналу, тобто перетворення цифрового сигналу за певними законами з метою скорочення обсягу інформації, переданої по каналу зв'язку;

- кодер каналу – додає в цифровий сигнал, одержуваний з виходу кодера мови, додаткову (надлишкову) інформацію, призначену для захисту від помилок при передачі сигналу по лінії зв'язку; крім того, кодер каналу вводить до складу переданого сигналу інформацію керування, що надходить від логічного блока;

- модулятор – здійснює перенесення інформації кодованого цифрового сигналу на несучу частоту.

Приймач за складом в основному відповідає передавачу зі зворотними функціями вбудованих у нього блоків:

- демодулятор виділяє з модульованого радіосигналу кодований сигнал, що несе інформацію;

- еквалайзер служить для часткової компенсації спотворень сигналу внаслідок багатопроменевого поширення; він є адаптивним фільтром, який настроюють за навчальною послідовністю символів, що входить до складу переданої інформації; у деяких випадках блок еквалайзера може бути відсутній;

- декодер каналу виділяє із вхідного потоку керуючу інформацію та направляє її на логічний блок; прийнята інформація перевіряється на наявність помилок, і виявлені помилки по можливості виправляються;

- декодер мови відновлює сигнал мови, який поступає на нього з кодера каналу, переводячи його в природну форму, із властивою йому надмірністю, але в цифровому вигляді;

- цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) перетворює прийнятий сигнал мови в аналогову форму й подає його на вхід динаміка.

У приймально-передавальний блок також входить логічний блок і синтезатор частот. Логічний блок – це мікрокомп'ютер зі своєю оперативною й

постійною пам'яттю, який здійснює керування роботою рухомої станції. Синтезатор є джерелом коливань несучої частоти, використовуваної для передачі інформації з радіоканалу

1.3 Існуючі пристрої для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах

На рис. 1.12 представлена структурна електрична схема відомого пристрою для контролю радіостанцій рухомих об'єктів з використанням перевірки реакції рухомої радіостанції на сигнал каліброваного рівня [19].

Пристрій (рис. 1.12) містить: на стаціонарній станції радіопередавач 1, радіоприймач 2, перший і другий керовані атенюатори 3 і 4, перший і другий формувачі 5 і 6 сигналу керування, елемент затримки 7, формувач 8 сигналу контролю, блок 9 управління, приймач 10 команд, пороговий блок 11, приймач 12 сигналу номера станції і блок 13 реєстрації, на рухомій станції – радіоприймач 14 і радіопередавач 15, приймач 16 сигналу контролю, пороговий блок 17, елемент АБО 18, формувач 19 сигналу номера станції і формувач 20 команди запуску, вимірювач 21 рівня потужності, елемент І 22.

Пристрій для контролю радіостанцій рухомих об'єктів (рис. 1.12) працює наступним чином. У початковому стані другий формувач 6 сигналу керування видає на керуючий вхід другого керованого атенюатора 4 сигнал, при якому загасання другого керованого атенюатора 4 мінімально. При зовнішньому впливі формувач 20 команди запуску (наприклад, при натисканні спеціальної кнопки) включається радіопередавач 15. Потужність сигналу випромінюваного радіопередавачем 15, контролюється вимірником 21 рівня потужності, причому якщо величина потужності радіопередавача 15 відповідає номінальному рівню, то на виході вимірювача 21 формується сигнал, по якому формувач 20 команди запуску генерує команду, яка свідчить про справність радіопередавача 15. Якщо потужність радіопередавача 15 нижче номінальної, то формувач 20 команди запуску генерує команду, яка свідчить про несправності радіопередавача 15.

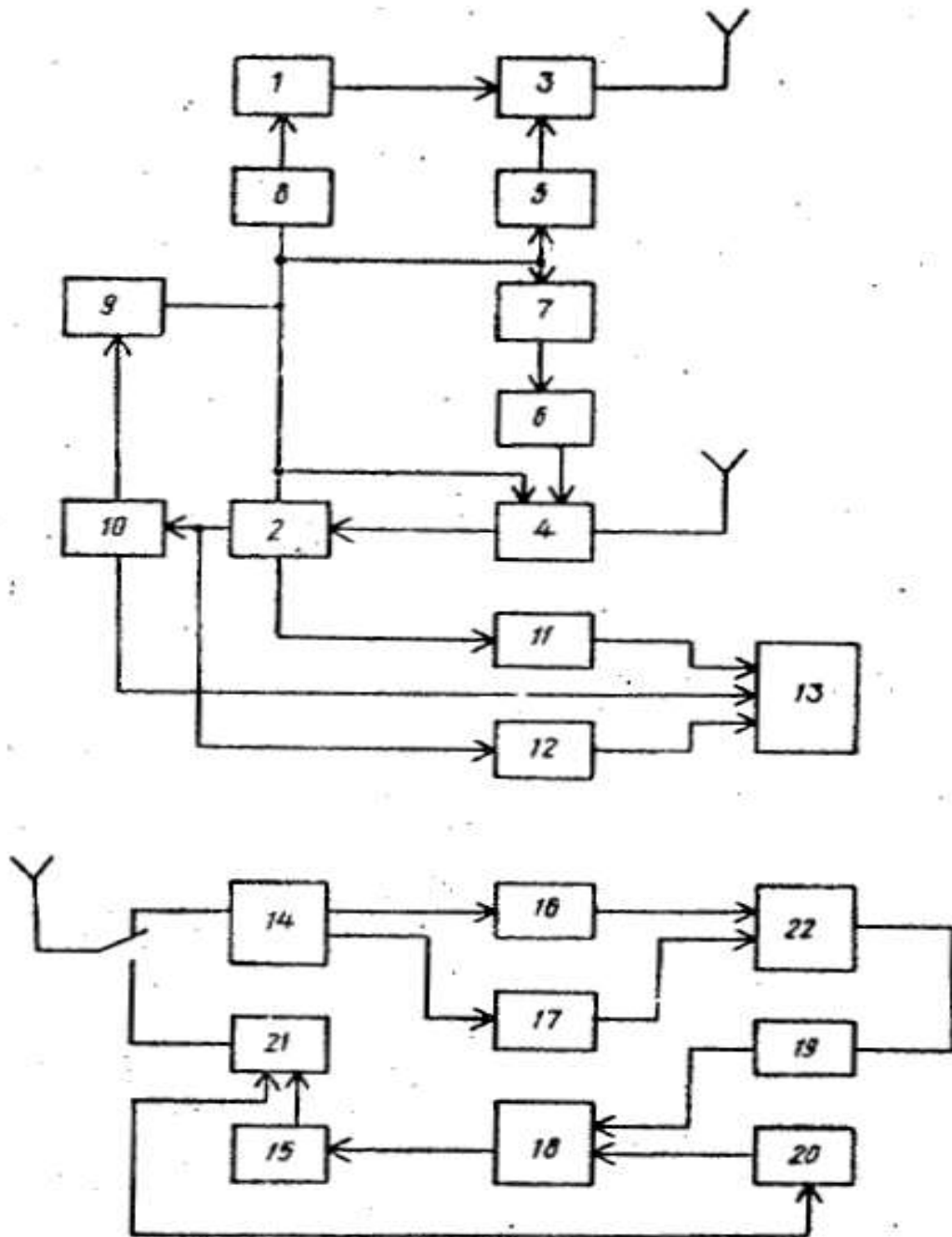


Рисунок 1.12 – Структурна схема відомого пристрою з використанням перевірки реакції рухомої радіостанції на сигнал каліброваного рівня

Інформаційний сигнал, що містить інформацію про справність радіопередавача 15, з виходу формувача 20 команди запуску (рис. 1.13, а) через елемент АБО 18 поступає на модуляційний вхід радіопередавача 15. Сигнал радіопередавача 15 мобільної станції приймається і детектується радіоприймачем 2 стаціонарної станції, виділяється приймачем 10 команд (рис.

1.13, б) і результат контролю радіопередавача 15 фіксується в блоці 13 реєстрації. Після цього з блоку 9 управління передається команда (рис. 1.13, в), по якій включається формувач 8 сигналу контролю і перший формувач 5 сигналу керування (рис. 1.13, г), а через час затримки визначається елементом затримки 7, включається другий формувач 6 сигналу управління (рис. 1.13, д). Пристрій для формування 8 сигналу контролю включає радіопередавач 1, несуча частота якого промодульована сигналом контролю. Вихідна напруга першого формувача 5 сигналу управління лінійно наростає, при цьому зменшується загасання першого керованого атенюатора 3, й отже, поступово збільшується величина випромінюваної стаціонарної станцією потужності. Сигнал контролю приймається радіоприймачем 14 мобільної станції, спрацьовує приймач 16 сигналу контролю, а при досягненні вхідним сигналом рівня, достатнього для спрацьовування порогового блоку 17, на виході останнього (рис. 1.13, е), а отже, й на виході елемента І 22 з'являється сигнал, що вмикає формувач 19 сигналу номера станції (рис. 1.13, ж). Радіопередавач 15 переводиться в режим передачі номера рухомої станції.

Після запуску першого формувача 5 сигналу керування через елемент затримки 7 включається другий формувач 6 сигналу керування. Час затримки t_z має відповідати сумі часу, необхідного для перемикання мобільної станції з режиму прийому в режим передачі і спрацьовування приймача 12 сигналу номеру станції.

Вихідною напругою другого формувача 6 сигналу управління регулюється величина загасання другого керованого атенюатора 4, тобто змінюється коефіцієнт передачі сигналу від антени до входу радіоприймача 2. Якщо чутливість контрольованого радіоприймача 14 відповідає нормі, то номер мобільної станції приймається на стаціонарній станції і декодується приймачем 12 сигналу номера станції (рис. 1.13, з) при такому значенні загасання другого керованого атенюатора 4, якому при справному радіопередавачі 15 відповідає рівень сигналу на вході радіоприймача 2 нижче порога спрацьовування порогового блоку 11.

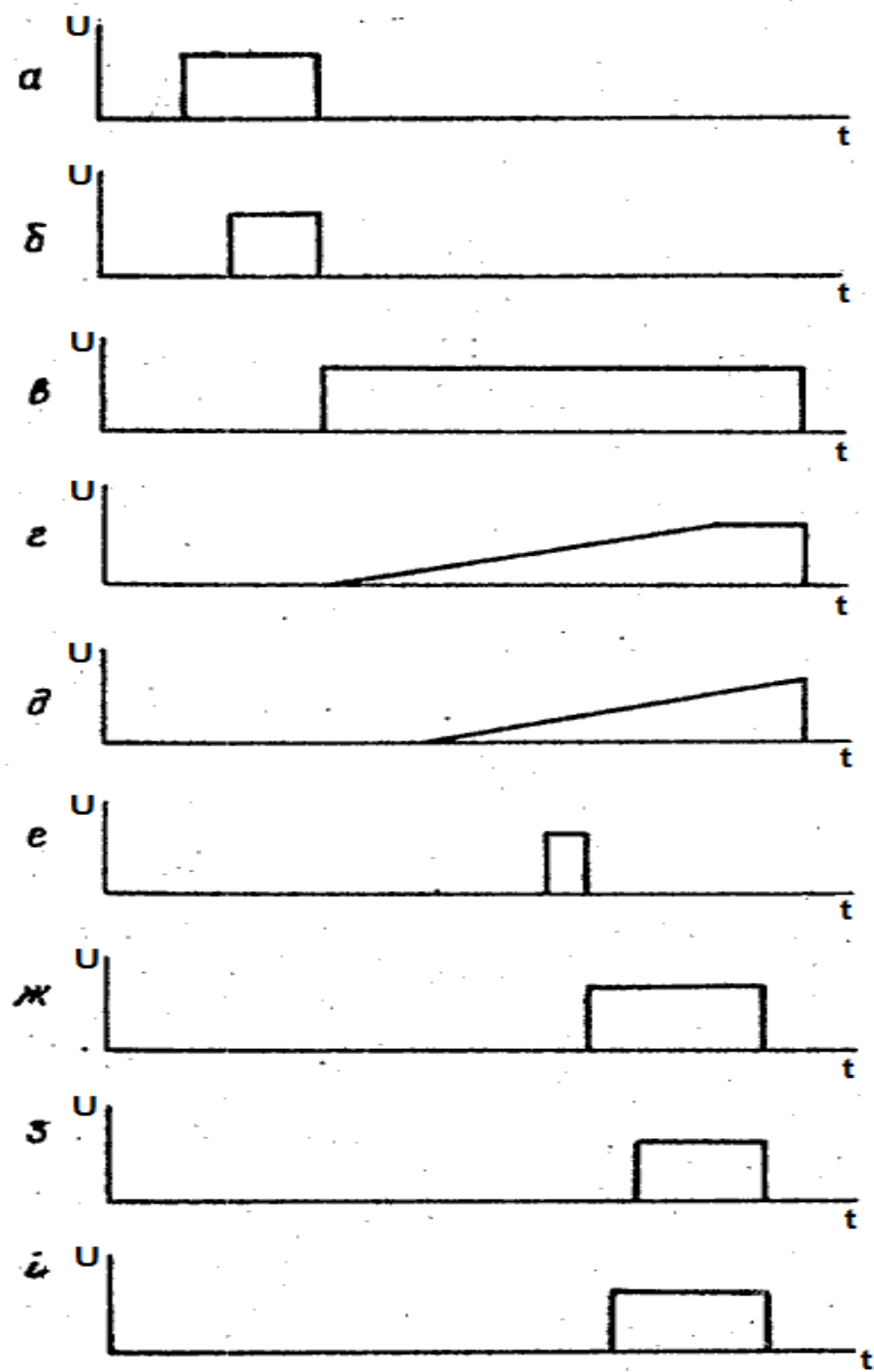


Рисунок 1.13 – Часові діаграми, що пояснюють роботу пристрою [19]

У цьому випадку в блоці 13 реєстрації фіксується справність радіоприймача 14 і номер рухомої станції, яка перевіряється. Якщо чутливість радіоприймача не відповідає нормі, то спрацьовування порогового блока 7 відбувається при більшому рівні потужності на виході першого керованого атенюатора 3, тобто в більш пізній момент часу. Загасання другого керованого

атенюатора 4 в цьому випадку менше, і при декодуванні номера рухомий в станції на виході порогового блоку 11 формується сигнал (рис. 1.13, і), що свідчить про несправності перевіряємої станції, що фіксується в блоці 13 реєстрації.

Недоліком даного пристрою (рис. 1.12) є низька оперативність контролю.

Удосконаленням пристрою (рис. 1.12) є пристрій для контролю технічного стану радіостанції на рухомих об'єктах зі зменшенням часу контролю [20], структурна електрична схема якого представлена на рис. 1.14.

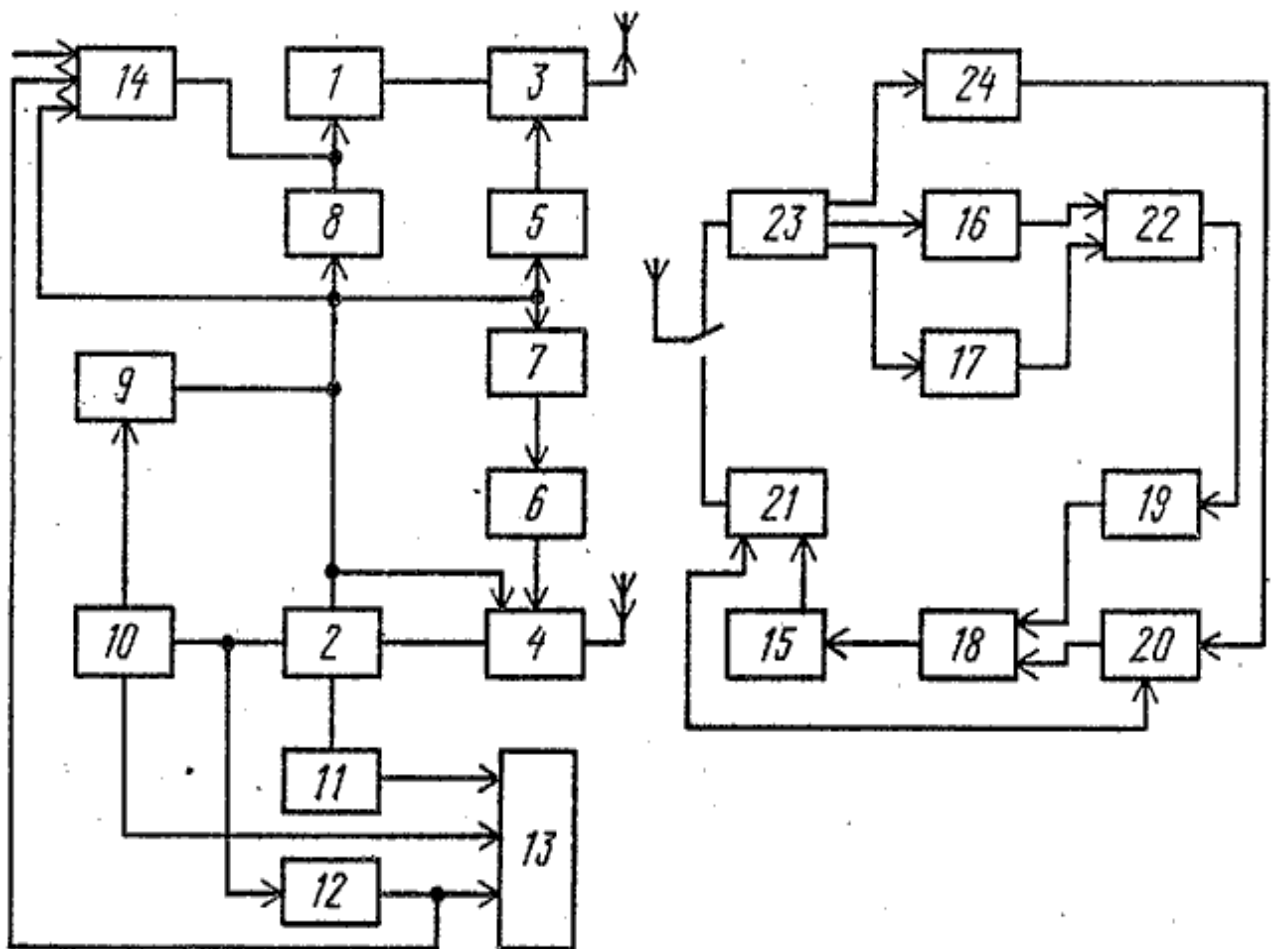


Рисунок 1.14 – Структурна схема пристрою для контролю технічного стану радіостанції на рухомих об'єктах зі зменшенням часу контролю

Пристрій для контролю радіостанцій рухомих об'єктів (рис. 1.14) містить на стаціонарній станції радіопередавач 1, радіоприймач 2, перший 3 і другий 4 керовані атенюатори, перший 5 і другий 6 формувачі сигналу керування,

елемент 7 затримки, формувач 8 сигналу контролю, блок 9 керування, приймач 10 команд, пороговий блок 11, приймач 12 сигналу номеру станції, блок 13 реєстрації, блок 14 формування сигналу номера станції, на рухомий станції – радіопередавач 15, приймач 16 сигналу контролю, пороговий блок 17, елемент АБО 18, формувач 19 сигналу номера станції, формувач 20 команди запуску, вимірювач 21 рівня потужності, елемент I 22, радіоприймач 23, приймач 24 сигналу номера станції.

Пристрій (рис. 1.14) працює наступним чином. У початковому стані на стаціонарній станції другий формувач 6 сигналу керування видає на керуючий вхід другого керованого атенюатора 4 сигнал, при якому його загасання мінімально. На рухомий станції під час видачі керуючого сигналу на формувач 20 команди запуску (здійснюється оператором мобільної станції) включається радіопередавач 15. Потужність сигналу, випромінюваного радіопередавачем 15, контролюється вимірником 21 рівня потужності. Якщо рівень потужності на виході радіопередавача 15 відповідає нормі, то на виході вимірювача 21 рівня потужності формується сигнал, по якому формувач 20 команди запуску генерує команду, яка свідчить про справність радіопередавача 15. Якщо потужність на виході радіопередавача 15 нижче норми, то формувач 20 команд запуску генерує команду, яка свідчить про його несправність.

Сигнал, що містить інформацію про справність радіопередавача 15, з виходу формувача 20 команди запуску через елемент АБО 18 поступає на модуляційний вхід радіопередавача 15 і випромінюється. Цей сигнал мобільної станції приймається і детектується радіоприймачем 2 стаціонарної станції, виділяється приймачем 10 команд, а результат контролю радіопередавача 15 фіксується в блоці 13 реєстрації. Після цього з блоку 9 керування передаються команди, за якими включаються формувач 8 сигналу контролю, причому команда включення сигналу контролю надходить також на блок 14 формування сигналу номера станції і перший формувач 3 сигналу управління, а через час затримки t_z , який визначається елементом 7 затримки, включається другий формувач 6 сигналу управління.

Пристрій для формування 8 сигналів контролю включає радіопередавач 1, несуча частота якого промодульована сигналом контролю. Вихідна напруга першого формувача 5 сигналу управління лінійно наростає, при цьому зменшується загасання першого керованого атенюатора 3, й, отже, поступово підвищується величина випромінюваної стаціонарної станції потужності. Сигнал контролю приймається радіоприймачем 23 мобільної станції, спрацьовує приймач 16 сигналу контролю, а при досягненні вхідним сигналом рівня, достатнього для спрацьовування порогового блоку 17, на виході останнього, а отже, й виході елемента І 22 з'являється сигнал, що включає формувач 19 сигналу номера станції. Радіопередавач 15 переводиться в режим передачі номера мобільної станції.

Після запуску першого формувача 5 сигналу керування через час, який визначається елементом 7 затримки, включається другий формувач 6 сигналів керування. Час t_3 має відповідати в сумі часу, необхідному мобільній станції для перемикання з режиму прийому в режим передачі і спрацьовування приймача 12 сигналу номера станції. Вихідною напругою другого формувача 6 сигналу керування регулюється величина загасання другого керованого атенюатора 4, тобто змінюється коефіцієнт передачі сигналу від антени до радіоприймача 2. Якщо чутливість контрольованого радіоприймача 23 відповідає нормі, то номер мобільної станції приймається на стаціонарній станції і декодується приймачем 12 сигналу номера станції, при такому значенні загасання другого керованого атенюатора 4, якому при справному радіопередавачі 15 відповідає рівень сигналу на вході радіоприймача 2 нижче порога спрацьовування порогового блоку 11. У цьому випадку блок 13 реєстрації фіксує справність радіоприймача 23 і номер перевіряємої рухомої станції. Якщо чутливість радіоприймача 23 нижче норми, то спрацьовування порогового блоку 17 відбувається при більшому рівні потужності на виході першого керованого атенюатора 3, тобто в більш пізній момент часу. Загасання другого керованого атенюатора 4 в цьому випадку менше і при декодуванні номера мобільної станції на виході порогового блоку 11 формується сигнал,

який свідчить про несправності перевіряемого радіоприймача 23, що й фіксується в блоці 13 реєстрації. Крім того, номер контрольованої в даний момент часу станції з виходу приймача 12 сигналу номера станції надходить в блок 14 формування сигналу номера станції, де він запам'ятовується. Так функціонує пристрій при управлінні контролем з мобільної станції (контроль за ініціативою мобільної станції).

При управлінні контролем зі стаціонарної станції пристрій працює таким чином.

У блок 1 формування сигналу номера станції вводиться (через третій вхід) умовний номер станції, контроль якої необхідно здійснити. Блок 14 формування сигналу номеру станції контролює наявність сигналу на виході формувача 8 сигналу контролю (ознака SK). У разі відсутності циклу контролю ($SK=0$) з виходу блоку 14 формування сигналу номера станції на вхід радіопередавача 1 надходить команда на його включення на випромінювання (VR) і вводиться сигнал номера контрольованої станції SN. Сигнал про номер контрольованої станції з виходу радіопередавача 1 через перший керований атенюатор 3, відповідні антенні пристрої надходить на вхід радіоприймача 23 мобільної станції, детектується і надходить в приймач 24 сигналу номера станції, де відбувається порівняння прийнятого умовного номера з номером, присвоєним цій мобільній станції. Якщо номери співпадають, то на виході приймача 24 сигналу номера станції формується команда, яка надходить на вхід формувача 20 команди запуску і включає його. Далі пристрій функціонує таким же чином, як й при управлінні контролем з мобільної станції.

У разі наявності циклу контролю ($SK \neq 0$) блок 14 формування сигналу номера станції через час t_z здійснює новий цикл контролю ознаки SK. І якщо $SK=0$, то робота пристрою здійснюється аналогічно. Час затримки обирається рівним максимальній тривалості циклу контролю одного рухомого об'єкту.

Недоліком даного пристрою (рис. 1.14) є неможливість кількісної оцінки якості функціонування контрольованих радіостанцій.

1.4 Висновок. Постановка задачі

В розділі проаналізовано відомі підходи до організації систем зв'язку з рухомими об'єктами. Встановлено, що радіозв'язок залишається затребуваним у багатьох областях, незважаючи на поширення мобільного стільникового зв'язку. Але щоб бути обраними клієнтами, системи радіозв'язку з рухомими об'єктами повинні мати досить високі якісні характеристики.

В розділі проаналізовано відомі пристрої для контролю радіостанції на рухомих об'єктах. Встановлено, що недоліком відомого пристрою з використанням перевірки реакції рухомої радіостанції на сигнал каліброваного рівня є низька оперативність контролю. А недоліком існуючого пристрою зі зменшенням часу контролю є неможливість кількісної оцінки якості функціонування контрольованих радіостанцій.

Таким чином, для усунення недоліків існуючих пристроїв необхідно:

- спроектувати пристрій для контролю радіостанції на рухомих об'єктах з підвищенням якості функціонування системи радіозв'язку;
- оцінити ефективність розробленого пристрою.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Структурна схема пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах

На рис. 2.1 представлена структурна схема запропонованого пристрою для контролю радіостанцій рухомих об'єктів.

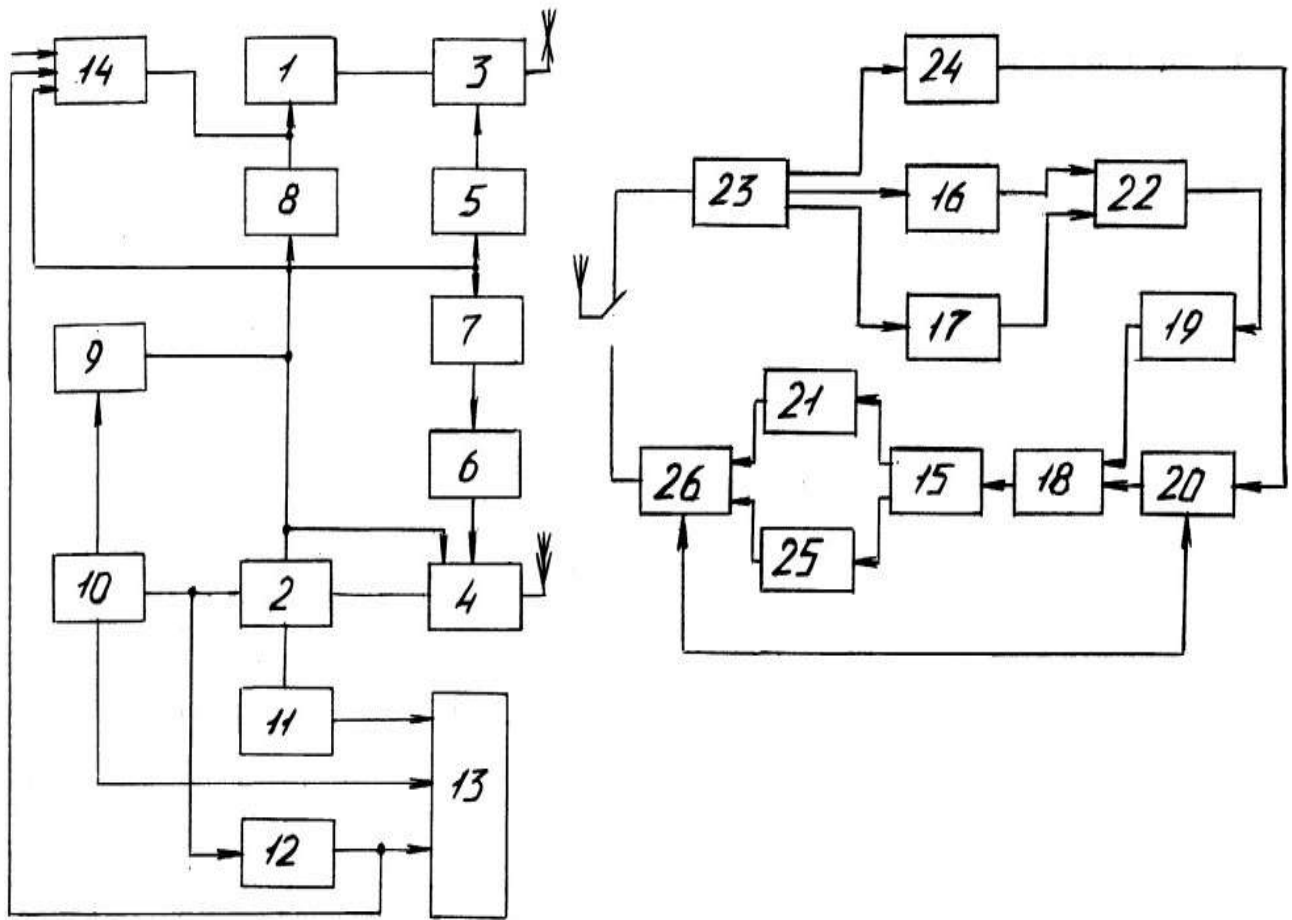


Рисунок 2.1 – Структурна схема запропонованого пристрою для контролю радіостанцій рухомих об'єктів

Пристрій для контролю радіостанцією на рухомих об'єктах (рис. 2.1) відноситься до радіотехніки і може бути використаний в системах радіозв'язку для здійснення дистанційного контролю технічних параметрів радіостанцій. Мета проектування пристрою – підвищення якості функціонування системи

радіозв'язку на основі оцінювання за допомогою блоку ідентифікації параметрів і структури системи за сукупністю сигналів, що випромінюються радіостанцією, при цьому досягнутий рівень якості функціонування може бути оцінений ймовірністю знаходження параметрів радіопристрою в межах заданих значень.

Спроекований пристрій для контролю радіостанцій рухомих об'єктів (рис. 2.1) містить стаціонарну станцію (блоки 1-14) та рухоми станцію (блоки 15-26):

- 1 – радіопередавальний пристрій;
- 2 – радіоприймальний пристрій;
- 3 – перший керований атенюатор;
- 4 – другий керований атенюатор;
- 5 – перший формувач сигналу керування;
- 6 – другий формувач сигналу керування;
- 7 – елемент затримки;
- 8 – формувач сигналу контролю;
- 9 – блок керування;
- 10 – приймач команд;
- 11 – пороговий блок;
- 12 – приймач сигналу номеру станції;
- 13 – блок реєстрації;
- 14 – блок формування сигналу номеру станції;
- 15 – радіопередавальний пристрій;
- 16 – приймач сигналу контролю;
- 17 – пороговий блок;
- 18 – елемент АБО;
- 19 – формувач сигналу номеру станції;
- 20 – формувач команди запуску;
- 21 – вимірник рівня потужності;
- 22 – елемент І;

- 23 – радіоприймальний пристрій;
- 24 – приймач сигналу номеру станції;
- 25 – вимірювач частоти;
- 26 – блок ідентифікації.

Вихід РПДП 1 з'єднаний з сигнальним входом першого керованого атенюатора 3, вихід якого підключений до передавальної антени, а керуючий вхід з'єднаний з виходом першого формувача сигналу керування 5, вхід якого з'єднаний з виходом блоку керування 9, РПМП 2, другим входом керування другого керованого атенюатора 4, входом елемента затримки 7, входом формувача сигналу контролю 8, першим входом блоку формування сигналу номера станції 14. Вихід елемента затримки 7 підключений до входу другого формувача сигналу керування 6, вихід якого підключений до першого керуючому входу другого керованого атенюатора 4, сигнальний вхід якого підключений до приймальної антени, а вихід – до входу РПМП 2, який з'єднаний зі входами відповідно приймача команд 10, приймач сигналу номеру станції 12 і порогового блоку 11. Виходи порогового блоку 11 і приймача сигналу номеру станції 12, відповідно, з'єднані з другим і першим входами блоку реєстрації 13, третій вхід якого з'єднаний з другим виходом приймача команд 10, перший вхід якого з'єднаний з входом блоку керування 9. Другий вхід блоку формування сигналу номеру станції 14 з'єднаний з виходом приймача сигналу номера станції 12, вихід формувача сигналу контролю з'єднаний зі входом РПДП 1 і з виходом блоку формування сигналу номеру станції 14, третій вхід якого служить для введення інформації про номер контрольованої станції, розташованої на рухомому об'єкті.

На рухомий станції приймально-передавальна антена через антенний комутатор з'єднана зі входом радіоприймального пристрою 23, виходи якого відповідно з'єднані зі входами приймача сигналу контролю 16, порогового блоку 17 і приймача сигналу номеру станції 24. Вихід приймача сигналу номеру станції 24 з'єднаний зі входом формувача сигналу запуску 20, керуючий вихід якого з'єднаний з керуючим входом блоку ідентифікації 26. Вихід

формувача сигналу запуску 20 з'єднаний з першим входом елемента АБО 18, вихід якого через радіопередавальний пристрій 15 з'єднаний зі входами вимірювача рівня потужності 21 і вимірювача частоти 25, відповідно. Другий вхід елемента АБО 18, з'єднаний з виходом формувача сигналу номера станції 19, вхід якого з'єднаний з виходом елемента І 22, перший і другий входи якого з'єднані відповідно з виходом приймача сигналу контролю 16 і виходом порогового блоку 17. Вихід вимірювача рівня потужності 21 і вихід вимірювача частоти 25 з'єднані з першим і другим входом блоку ідентифікації 26, вихід якого підключається через антенний комутатор до антени.

Блок формування сигналу номера станції 14 (рис. 2.1) може бути реалізований зокрема на базі мікро-ЕОМ стандартної структури [20]. Блок-схема алгоритму функціонування даного блоку наведена на рис. 2.2.

На рис. 2.2 введені такі позначення:

SK – ознака ведення контролю;

VR – команда включення радіопередавального пристрою;

SN – сигнал номеру станції;

SSN – ознака проведення контролю станції з номера.

У блок формування сигналу номера станції (рис. 2.2) вводиться умовний номер N мобільної станції, контроль якої необхідно здійснити, а також поточне значення ознаки наявності циклу контролю SK.

Якщо $SK=0$ (цикл контролю відсутній) й введений умовний номер мобільної станції N, то формується команда на включення радіопередавального пристрою 1 VR і сигналу номеру станції SN, які надходять на вхід блоку 14 і вводяться в радіосигнали пристрою 1.

Якщо $SK=1$ (йде контроль) і введений умовний номер мобільної станції N, то блок формування сигналу номеру станції 14 здійснює опитування приймача сигналу номеру станції 12. При появі на його виході коду номера станції ($SSN \neq 0$), блок формування сигналу номеру станції переходить до контролю ознаки SK.



Рисунок 2.2 – Блок схема алгоритму функціонування блоку формування сигналу номеру станції

Приймач сигналу номеру станції 24 в найпростішому випадку може бути реалізований за допомогою регістра зсуву з послідовним введенням і паралельним виведенням інформації і дешифратора. Як регістр може бути використана мікросхема типу K155IP1 [20] (чотирьохрозрядний регістр), а як дешифратор може бути використана мікросхема типу K155 ІДЗ [20].

Спрощена структурна схема вимірювача частоти 25 (рис. 2.1) представлена на рис. 2.3.

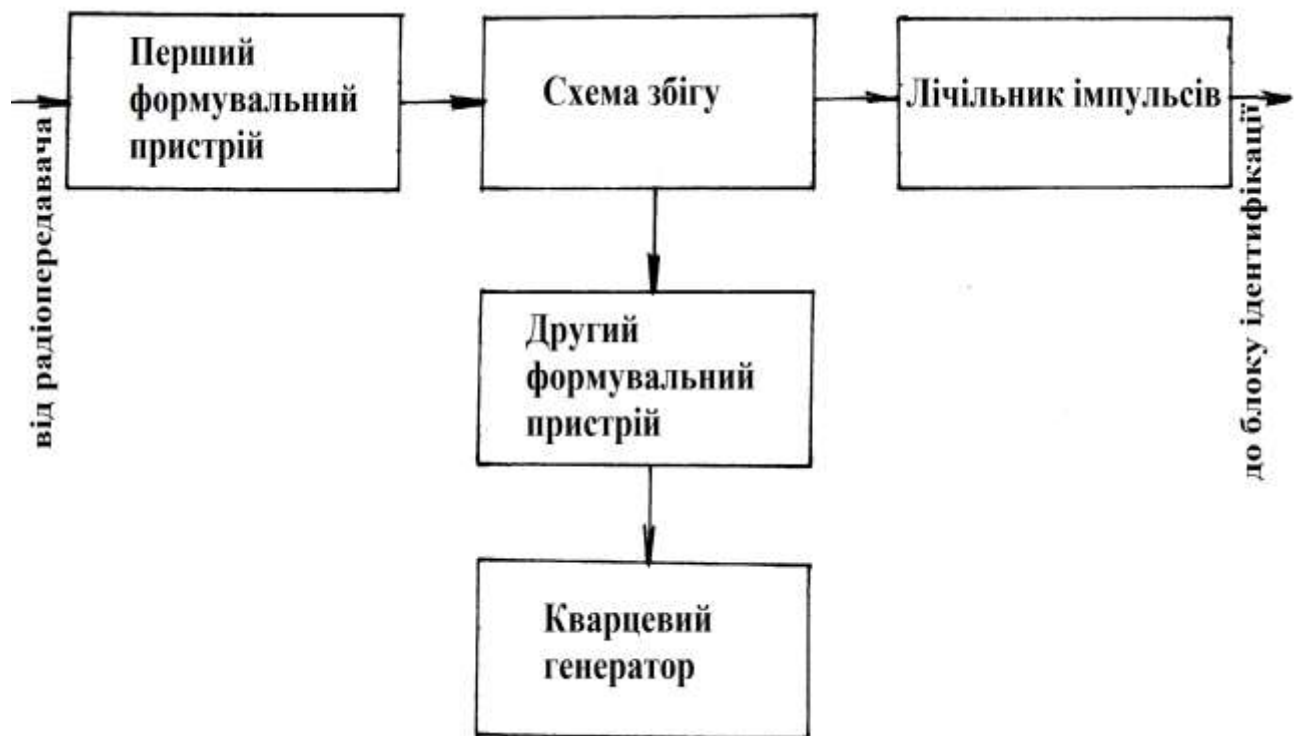


Рисунок 2.3 – Структурна схема вимірювача частоти

Вимірювач частоти (рис. 2.3) складається з послідовно з'єднаних першого формувального пристрою, схеми збігу, лічильника імпульсів. Кварцовий генератор через другий формувальний пристрій з'єднаний з другим входом схеми збігу. На вхід першого формувального пристрою надходить сигнал з виходу РПДП 15, який далі перетворюється в послідовність імпульсів, що потім надходять на перший вхід схеми збігу. Сигнал з високостабільного кварцового генератора надходить а вхід другого формувального пристрою, на виході якого утворюється послідовність прямокутних імпульсів, що надходять на другий вхід схеми збігу.

У схемі збігу здійснюється складання послідовностей імпульсів. В результаті часової селекції виділяються незбіжні імпульси, які надходять на лічильник імпульсів, де відбувається підрахунок неузгоджених імпульсів. З виходу лічильника імпульсів імпульси надходять в блок ідентифікації 26.

Структурна схема блоку ідентифікації 26 (рис. 2.1) представлена на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Структурна схема блоку ідентифікації

Блок ідентифікації (рис. 2.4) складається з двох паралельних каналів. Перший канал складається з послідовно з'єднаних підсилювача з регульованим коефіцієнтом посилення $K_{п1}$, суматора значень параметрів, усереднювача значень параметрів, квадратичного підсилювача і підсилювача з нормованим коефіцієнтом посилення $K_{п1}$. Другий канал складається з послідовно з'єднаних підсилювача з регульованим коефіцієнтом посилення $K_{п2}$, суматора значень параметрів, усереднювача значень параметрів, квадратичного підсилювача і підсилювача з нормованим коефіцієнтом посилення $K_{п2}$. Суматори значень параметрів з'єднані перехресними зв'язками між собою. Виходи першого і другого каналів з'єднані з першим і другим входом суматора з пороговим пристроєм.

Блок ідентифікації (рис. 2.4) працює таким чином. Сигнали на його вхід надходять з вимірювача рівня потужності 21 і вимірювача частоти 25 (рис. 2.1). Підсилювачі з регульованим коефіцієнтом посилення $K_{п1}$ і $K_{п2}$ налаштовуються відповідно до величини коефіцієнта кореляції між ознаками. У суматорах значень параметрів значення ознак підсумовуються, потім усереднюються в усереднювачах значень параметрів, посилюються квадратичними підсилювачами, нормуються відносно еталонних значень ознак Z_{ie} і Z_{je} в підсилювачах з нормованими коефіцієнтами посилення $K_{п1}$ і $K_{п2}$, потім надходять на суматор з пороговим пристроєм, де здійснюється операція порівняння з порогом прийняття рішення.

2.2 Принцип роботи пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах

Пристрій для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах (рис. 2.1) працює наступним чином. У початковому стані другий формувач сигналу управління 6 видає на керуючий вхід другого керуючого атенюатора 4 сигнал, при якому його загасання мінімально. При подачі керуючого сигналу на формувач сигналу запуску 20 (здійснюється оператором мобільної станції) включається РПДП 15.

Потужність і частота сигналу випромінюваного РПДП 15 вимірюється вимірником рівня потужності 21 і вимірником частоти 25. Значення потужності і частоти з вимірювача рівня потужності 21 і вимірювача частоти 25 надходять на вхід блоку ідентифікації 26, в якому відбувається оцінювання вимірних інформаційних параметрів контрольованого РПДП 15 і приймається рішення за результатами порівняння математичних описів контрольованого і еталонного радіопристрою.

З виходу блоку ідентифікації 26 формується сигнал на формувач команд запуску 20, що генерує команду, яка свідчить про якість функціонування системи. Сигнал, що містить інформацію про справність РПДП 15 з виходу

формувача команд запуску 20, через елемент АБО 18, надходить на модуляційний вхід РПДП 15 і випромінюється. Цей сигнал мобільної станції приймається і детектується РПМП 2 стаціонарної станції, виділяється приймачем команд 10 і результат контролю РПДП 15 фіксується в блоці реєстрації 13.

Після цього з блоку керування 9 передаються команди, за якими включається формувач сигналу контролю 8. Причому команда включення сигналу контролю 8 надходить також на блок формування сигналу номера станції 14 і перший формувач сигналу керування 5, а через час затримки t_z , який визначається елементом затримки 7, включається другий формувач сигналу управління 6. Пристрій для формування сигналів контролю 8 включає РПДП 1, несуча частота якого промодульована сигналом контролю.

Вихідна напруга першого формувача сигналу керування 5 лінійно наростає, при цьому зменшується загасання першого керованого атенюатора 3, а отже поступово підвищується величина випромінюваної стаціонарної станцією потужності.

Сигнал контролю приймається РПМП 23 мобільної станції, спрацьовує приймач сигналу контролю 16, а при досягненні вхідним сигналом рівня, достатнього для спрацьовування порогового блоку 17, на виході останнього, а отже й на виході елемента І 22 з'являється сигнал, що включає формувач сигналу номера 19, РПДП 15 переводиться в режим передачі номера мобільної станції.

Після запуску першого формувача сигналу керування 5 через час, який визначається елементом затримки 7, включається другий формувач сигналів керування 6. Час затримки повинен відповідати в сумі часу, необхідному мобільній станції для перемикання з режиму прийому в режим передачі, і спрацьовування приймача сигналу номера станції 12.

Вихідною напругою другого формувача сигналу керування 6, регулюється величина загасання другого керованого атенюатора 4, тобто змінюється коефіцієнт передачі сигналу від антени до РПМП 2.

Якщо чутливість контрольованого РПМП 23 відповідає нормі, то номер мобільної станції приймається на стаціонарній станції і декодується приймачем сигналу номера станції 12 при такому значенні загасання другого керованого атенюатора 4, якому при справному РПДП 15, відповідає рівень сигналу на вході РПМП 2, нижче порога спрацьовування порогового блоку 11. У цьому випадку блок реєстрації 13 фіксує справність РПМП 23 і номер рухомої станції, яка перевіряється.

Якщо чутливість РПМП 23 нижче норми, то спрацьовування порогового блоку 17 відбувається при більшому рівні потужності на виході першого керованого атенюатора 3, тобто в більш пізній момент часу. Загасання другого керованого атенюатора 4 в цьому випадку менше, й при декодуванні номера мобільної станції на виході порогового блоку 11 формується сигнал, який свідчить про несправності перевіряемого РПМП 23, що фіксується в блоці реєстрації 13. Крім того, номер контрольованої в даний момент часу станції з виходу приймача сигналу номеру станції 12 надходить в блок формування сигналу номера станції 14, де він запам'ятовується.

Так функціонує розроблений пристрій при видаленні контролем з мобільної станції (контроль за ініціативою мобільної станції).

При керуванні контролем зі стаціонарної станції пристрій працює таким чином. У блок формування сигналу номеру станції 14 вводиться (через третій вхід) умовний номер станції, контроль якої необхідно здійснити. Блок формування номера станції 14 контролює наявність сигналу на виході формувача сигналу контролю 8 (ознака SK). У разі відсутності циклу контролю (SK=0), з виходу блоку формування сигналу номеру станції 14 на вхід РПДП 1 надходить команда на включення РПДП 1 на випромінювання (VR) і вводиться сигнал номера контрольованої станції (SN).

Сигнал про номер контрольованої станції з виходу РПДП 1 через перший керований атенюатор 3, відповідного антенного пристрою надходить на вхід РПМП 23 мобільної станції, детектується і надходить в приймач номеру станції 24, де відбувається порівняння прийнятого умовного номера з номером,

присвоєним даній мобільній станції . Якщо номери співпадають, то на виході приймача сигналу номера станції формується команда, яка надходить на вхід формувача команди запуску 20 і включає його. Далі пристрій функціонує таким же чином, як й при управлінні контролем з мобільної станції.

У разі наявності циклу контролю ($SK \neq 0$), блок формування номера станції 14 через час затримки t_z здійснює новий цикл контролю ознаки SK. І якщо $SK=0$, то робота пристрою здійснюється так же чином, як це було описано вище. Час затримки t_z вибирається рівним максимальній тривалості циклу контролю одного рухомого об'єкту.

2.3 Оцінка ймовірності параметричної захищеності пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах

На виході блоку ідентифікації 26 (рис. 2.1) утворюються складові вектора, що характеризують значення функції відстані E_n .

Оцінка ймовірності параметричної захищеності контрольованого радіопристрою може бути визначена на основі співвідношення:

$$P_{пз} = 1 - [P_{01}^k]^{E_n} (1 - P_{01}^k)^{n - E_n}, \quad (2.1)$$

де P_{01} – ймовірність того, що в k -му розряді кодової послідовності, що складається з n розрядів, в заданий момент часу буде або інформаційна одиниця, або нуль.

$$P_{01}^k = P_1^m (1 - P_1)^{1 - m}, \quad (2.2)$$

де P_1 – вірогідність появи одиниці в k -му розряді; m – число, що дорівнює одиниці або нулю.

Для випадку, коли оцінки параметрів радіопристрою представлені в цифровій формі у вигляді n -розрядного коду в процесі ідентифікації характеристик контрольованих радіопристроїв необхідно проводити порівняння кодових послідовностей оцінок інформаційних параметрів радіопристрою і еталонного радіопристрою, й на основі лінійної вирішальної функції приймати рішення про подібність зазначених кодових послідовностей.

На рис. 2.5 представлена залежність $P_{пз} = f(En)$ для $n=5$ і трьох значень P_{01}^k , рівних 0,9, 0,95, 0,99. Виходячи з наведених залежностей видно, що ймовірність параметричної захищеності радіопристрою зростає в міру зменшення функції En .

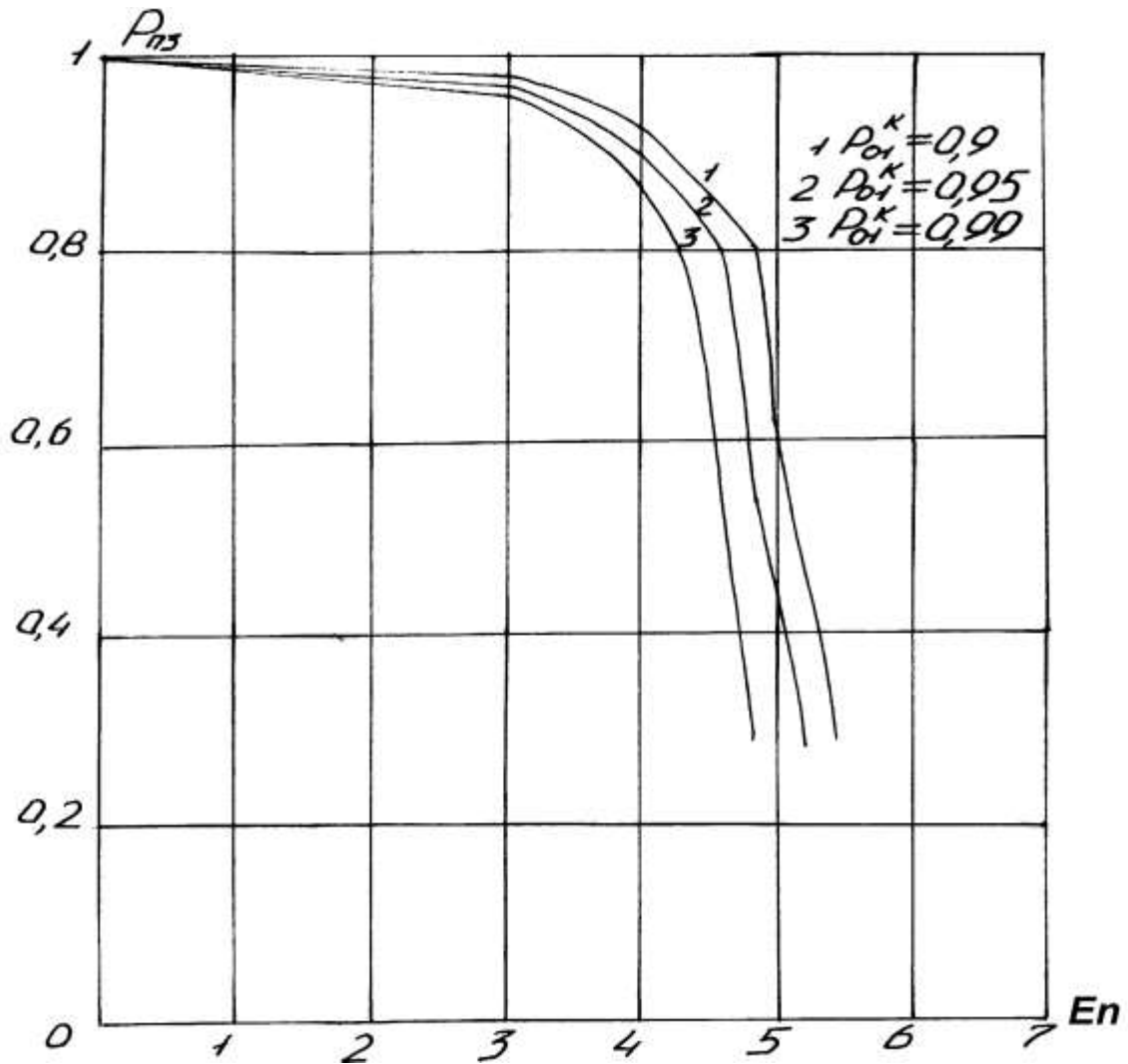


Рисунок 2.5 – Залежність ймовірності параметричної захищеності від величини функції відстані

Техніко-економічна перевага розробленого пристрою у порівнянні з існуючими полягає в підвищенні якості функціонування системи радіозв'язку на основі оцінювання за допомогою блоку ідентифікації параметрів і структури системи за сукупністю сигналів, випромінюваних радіостанцією. Причому

технічний стан контрольованих радіостанцій оцінюється кількісно. За результатами кількісної оцінки можуть бути прийняті конкретні заходи щодо дотримання встановлених норм зміни амплітудно-частотних параметрів. У свою чергу, це покращує умови взаємного функціонування засобів радіозв'язку, виключає можливість створення взаємних завад.

Досягаємий технічний результат розробленого пристрою – підвищення якості функціонування, рівень якого може бути оцінений ймовірністю знаходження параметрів в радіопристроїв в межах заданих значень.

2.4 Висновки

Спроектований в розділі пристрій для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах відноситься до радіотехніки і може бути використаний в системах радіозв'язку для здійснення дистанційного контролю технічних параметрів радіостанцій [21].

Мета проектування пристрою – підвищення якості функціонування системи радіозв'язку на основі оцінювання за допомогою блоку ідентифікації параметрів і структури системи за сукупністю сигналів, що випромінюються радіостанцією, при цьому досягнутий рівень якості функціонування може бути оцінений ймовірністю знаходження параметрів радіопристрою в межах заданих значень.

Поставлена мета досягається тим, що в пристрій для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах додатково введені на рухомій станції вимірювач частоти і блок ідентифікації.

Встановлено, що ймовірність параметричної захищеності радіопристрою зростає в міру зменшення функції відстані, складові якої утворюються на виході блоку ідентифікації 26.

Перевага розробленого пристрою у порівнянні з існуючими полягає в підвищенні якості функціонування системи радіозв'язку на основі оцінювання

за допомогою блоку ідентифікації параметрів і структури системи за сукупністю сигналів, випромінюваних радіостанцією.

Причому технічний стан контрольованих радіостанцій оцінюється кількісно. За результатами кількісної оцінки можуть бути прийняті конкретні заходи щодо дотримання встановлених норм зміни амплітудно-частотних параметрів. У свою чергу, це покращує умови взаємного функціонування засобів радіозв'язку, виключає можливість створення взаємних завад

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення трудомісткості проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах

Трудомісткість продукції – показник, який характеризує витрати робочого часу на виробництво будь-якої споживчої вартості або на виконання конкретної технологічної операції. Трудомісткість проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах розраховується за формулою (3.1):

$$t = t_0 + t_d + t_{дп} + t_{ф} + t_v + t_{п} \quad (3.1)$$

де t_0 – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

t_d – витрати праці на дослідження відомостей про системи рухомого радіозв'язку то основ їх роботи;

$t_{дп}$ – витрати праці на дослідження та аналіз існуючих пристроїв для контролю радіостанцій;

$t_{ф}$ – витрати праці на формування структурної схеми пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах;

t_v – витрати праці на визначення принципу роботи пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах;

$t_{п}$ – витрати праці на підготовку документації та оцінку ймовірності параметричної захищеності пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.

У таблиці 3.1 зведені данні тривалості процесів, що мали місце при проектуванні пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах.

Таблиця 3.1 – Тривалість робочих процесів

Назва робочого процесу	Тривалість, год.
Витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання	5
Витрати праці на дослідження відомостей про системи	27

рухомого радіозв'язку то основ їх роботи	
Витрати праці на дослідження та аналіз існуючих пристроїв для контролю радіостанцій	35
Витрати праці на формування структурної схеми пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах	26
Витрати праці на визначення принципу роботи пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах	15
Витрати праці на підготовку документації та оцінку ймовірності параметричної захищеності пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах	55

Отже, загальна трудомісткість за формулою 3.1:

$$t = 5 + 27 + 35 + 26 + 15 + 55 = 163 \text{ години.}$$

3.2 Розрахунок витрат на проектування пристрою

Витрати на проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах включають витрати на заробітну плату інженера телекомунікацій і вартість машинного часу.

Заробітна плата – винагорода, обчислена, зазвичай, у грошовому виразі, яку за трудовим договором власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу. Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства.

Заробітна плата виконавців визначається за формулою 3.2:

$$ЗП = t C \quad (3.2)$$

де t – загальна трудомісткість проектування пристрою;

C – середня годинна заробітна плата інженера телекомунікацій (основна і додаткова) з урахуванням відрахувань на соціальні потреби, грн/год.

Середня заробітна плата інженера телекомунікацій на 01.02.2019р. складає 9100 грн. Отже, заробітна плата інженера телекомунікацій з урахуванням премій (20%) і можливих надбавок (10%) складає 11830 грн. Таким чином, річний фонд заробітної плати – 141960 грн. Єдиний соціальний внесок складає 36%, тобто 51105,6 грн.

Визначимо номінальний річний фонд робочого часу, при цьому прийнявши середню тривалість робочого дня рівної 8 годинам:

$$F_n = (T_k - T_{св} - T_{вих} - T_{від}) t_p \quad (3.3)$$

де T_k – кількість календарних днів у році, днів;

$T_{св}$ – кількість святкових днів у році, днів;

$T_{вих}$ – кількість вихідних днів у році, днів;

$T_{від}$ – календарна тривалість відпустки, днів.

Отже, річний фонд часу за формулою 3.3 дорівнює:

$$F = (356 - 10 - 104 - 22) 8 = 1832 \text{ годин}$$

Середня годинна заробітна плата інженера телекомунікацій визначається співвідношенням 3.4, яка має вигляд:

$$C_{зн} = \frac{\Phi ЗП_{сн}}{F_n} \text{ грн/год}, \quad (3.4)$$

де $\Phi ЗП_{сн}$ – річний фонд заробітної плати з урахуванням відрахувань на соціальні потреби;

F_n – річний фонд робочого часу.

Отже середня годинна заробітна плата інженера телекомунікацій за формулою 3.4 дорівнює:

$$C_{зн} = 141960 / 1832 = 77,49 \text{ грн}$$

Таким чином, витрати на оплату праці розробника складають з урахуванням формули 3.2 отримаємо:

$$ЗП = 163 \times 77,49 = 12630,87 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості машинного часу, необхідного для розробки на ЕОМ включає витрати на програмне та апаратне забезпечення і витрати за електроенергію, здійснюється по формулі 3.5:

$$Z_{мч} = C_o + C_{ел} \quad (3.5)$$

де C_o – витрати на обладнання, грн;

$C_{ел}$ – витрати на електроенергію, грн.

Для розрахунку вартості машино-часу необхідно знати вартість ЕОМ та ПЗ на момент їх придбання і введення в експлуатацію, і вартість споживаної електроенергії. Вартість персонального комп'ютеру складає 11500 грн, Matlab 6.5 – 5000 грн, разом – 16500 грн.

Витрати на електроенергію залежать від часу роботи на ЕОМ та собівартості машино-години роботи ЕОМ і розраховується за формулою:

$$C_{ел} = C_{мч} \cdot t \quad (3.6)$$

$$C_{мч} = W \cdot \Pi_{ел} \quad (3.7)$$

Де W – потужність ЕОМ, $W = 0,5$ кВт/год.

$\Pi_{ел}$ – вартість $1кВт \cdot год$ електроенергії. З 1.02.19 за обсяг, спожитий понад 150 кВт · год до 600 кВт · год електроенергії на місяць (включно) складає 1,83 грн.

$$C_{ел} = 0,5 \times 1,83 \times 163 = 149,15 \text{ грн}$$

Отже, витрати на проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах складають:

$$B_{роз} = 12630,87 + 16500 + 149,15 = 29280,02 \text{ грн}$$

3.3 Висновок

В економічному розділі розраховано трудомісткість, що необхідно для проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах, (163 години) заробітну плату інженера телекомунікацій (12630,87 грн), капітальні витрати на проектування пристрою, що становлять 29280,02 грн.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу підходів до організації систем зв'язку з рухомими об'єктами встановлено, що радіозв'язок залишається затребуваним у багатьох областях, незважаючи на поширення мобільного стільникового зв'язку. Але щоб бути обраними клієнтами, системи радіозв'язку з рухомими об'єктами повинні мати досить високі якісні характеристики.

2. В результаті аналізу відомих пристроїв для контролю радіостанції на рухомих об'єктах встановлено їх недоліки: недоліком пристрою з використанням перевірки реакції рухомої радіостанції на сигнал каліброваного рівня є низька оперативність контролю, а недоліком пристрою зі зменшенням часу контролю є неможливість кількісної оцінки якості функціонування контрольованих радіостанцій.

3. Спроектовано пристрій для контролю радіостанції на рухомих об'єктах, в якому за рахунок введення на рухомій станції вимірювача частоти і блока ідентифікації досягається підвищення якості функціонування системи радіозв'язку на основі оцінювання параметрів і структури системи за сукупністю сигналів, що випромінюються радіостанцією.

4. При цьому досягнутий рівень якості функціонування розробленого пристрою може бути оцінений ймовірністю знаходження параметрів радіопристрою в межах заданих значень. Шляхом моделювання встановлено, що ймовірність параметричної захищеності радіопристрою зростає в міру зменшення функції відстані, складові якої утворюються на виході блоку ідентифікації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Солодовник В.Ф. Системы подвижной радиосвязи / В.Ф. Солодовник, А.В. Воробьев. – Х.: «ХАИ», 2014. – 142 с.
2. Сухопутная подвижная радиосвязь / Под ред. В.С. Семенихина. – М.: Радио и связь, 1990. – 432 с.
3. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи / Ю.А. Громаков – М.: Эко-Трендз, 1997. – 238 с.
4. Карташевский В.Г. Сети подвижной связи / В.Г. Карташевский, С.Н. Семенов, Т.В. Фирстова. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 300 с.
5. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения / под ред. Ю. М. Горностаева. – М.: МЦНТИ, 2000. – 208 с.
6. Ратынский М. В. Основы сотовой связи / под ред. Д. В. Зимина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с.
7. Тамаркин В. М. Перспективные системы и стандарты транкинговой связи / В.М. Тамаркин, В.И. Сергеев, Л.М. Невдяев // Сети и системы связи. – 1997. – № 2. – С. 17–24.
8. Толмачев Ю.А. Глобальная подвижная персональная спутниковая связь / Ю.А. Толмачев // Технологии и средства связи. – 1997. – № 1. – С. 51–59.
9. Зеленский А.А. Профессиональные системы радиосвязи / А.А. Зеленский, А.Н. Беседин, В. Ф Солодовник. – Х.: ОАО «Модель Вселенной», 2002. – 108 с.
10. Системы мобильной связи: учеб. пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов; под ред. В. П. Ипатова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 272 с.
11. Системи радіозв'язку: навч. посіб. / О.О. Зеленський, В.Ф. Солодовнік, В.Д. Карлов, Є.О. Мількевич. – Х.: ХУПС, 2007. – 250 с.
12. Зеленський О. О. Системи мобільного радіозв'язку: навч. посіб. / О.О. Зеленський, В.Ф. Солодовнік, Є.О. Мількевич. – Х.: НАУ «ХАІ», 2009. – 93 с.

13. Гаранин М.В. Системы и сети передачи информации: учеб. пособие для вузов / М.В. Гаранин, В.И. Журавлев, С.В. Кунегин. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
14. Маковеева М.М. Системы связи с подвижными объектами: учеб. пособие для вузов / М.М. Маковеева, Ю.С. Шинаков. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.
15. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа / Б.С. Гольдштейн. – М.: Радио и связь, 1998. – 214 с.
16. Крупнов А.Е. Новые телекоммуникационные технологии в отрасли связи / А.Е. Крупнов, Н.А. Соколов // Электросвязь. – 1995. – № 11. – С. 87–91.
17. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM / В.И. Попов. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 296 с.
18. Семенова О.О. Системи рухомого зв'язку. Навчальний посібник / О.О. Семенова, А.О. Семенов, В.С. Белов. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 185 с.
19. Авторское свидетельство СССР N 1185626.
20. Авторское свидетельство СССР N 1499515.
21. Методичні рекомендації до виконання дипломних робіт (проектів) бакалаврів та магістрів спеціальностей 125 Кібербезпека, 172 Телекомунікації та радіотехніка / Упоряд.: О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна, О.М. Алексєєв, О.В. Кручинін. – Дніпро: НГУ, 2018. – 50 с.

ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Найменування	Кількість листів	Примітки
<i>Документація</i>				
1	A4	Реферат	3	
2	A4	Список умовних скорочень	1	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	2	
5	A4	Стан питання. Постановка задачі	31	
6	A4	Спеціальна частина	14	
7	A4	Економічний розділ	4	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Перелік посилань	2	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
13	A4	Додаток Г	1	

ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії

- 1 Презентація Бондаренко.ppt
- 2 Дипломна робота Бондаренко.doc

ДОДАТОК В. Відгук керівника економічного розділу

Керівник розділу

(підпис)

Романюк Н.М.

(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи

В І Д Г У К

**на кваліфікаційну роботу студента групи 172-16зск-1 Бондаренко А.В.
на тему: «Проектування пристрою для контролю радіостанцій на рухомих
об'єктах»**

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на 66 сторінках.

Мета роботи є актуальною, оскільки вона спрямована на підвищення якості функціонування системи радіозв'язку на основі оцінювання параметрів і структури системи за сукупністю сигналів, що випромінюються радіостанцією.

При виконанні роботи автор продемонстрував добрий рівень теоретичних знань і практичних навичок. На основі аналізу підходів до організації систем зв'язку з рухомими об'єктами і існуючих пристроїв для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах в ній сформульовані задачі, вирішенню яких присвячений спеціальний розділ. У ньому було розроблено пристрій для контролю радіостанцій на рухомих об'єктах та оцінено його ефективність.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблений пристрій може бути використаний в системах радіозв'язку для здійснення дистанційного контролю технічних параметрів радіостанцій.

До недоліків роботи слід віднести недостатню проробку окремих питань.

Рівень запозичень у кваліфікаційній роботі відповідає вимогам «Положення про систему виявлення та запобігання плагіату».

В цілому робота задовольняє усім вимогам, а її автор Бондаренко А.В. заслуговує на оцінку «
» та присвоєння кваліфікації «Бакалавр з телекомунікацій та радіотехніки» за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

**Керівник роботи,
к.т.н., доцент**

О.В. Герасіна