

## **Частина II. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ**

УДК 621.316.9

*С.М. Якимець, канд. техн. наук*

*(Україна, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського)*

### **ВИКОРИСТАННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ У СИСТЕМІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ В УМОВАХ ШАХТ**

**Вступ.** Прогрес електронних технологій минулого десятиліття привів до прориву в галузі виробництва масових процесорів. Використання новітніх методів зниження швидкості цифрового потоку на основі нового сучасного обладнання приблизило впровадження в практику цифрових систем передачі інформації у тих галузях промисловості, які були до цього недосяжними для них. Розробка та реалізація цифрових методів показали можливість значного збільшення обсягів передаваної інформації існуючими каналами з якістю, яка значно перевищує якість традиційних аналогових систем передачі.

Впровадження таких систем особливо актуальне в умовах підземних підприємств, коли погіршення стану гірничо-геологічних рівнів видобутку корисних копалин підземним способом призводить до підвищення вимог стосовно рівня безпеки роботи персоналу. Крім того необхідно враховувати, що очікуваний необхідний рівень ефективності роботи рудникових електропотягів, до складу яких входять різні типи електровозів, у рудникових шахтах не може бути досягнений без реалізації системи автоматичного керування їх рухом. У свою чергу, впровадження цифрових систем висуває ряд вимог, які стосуються, в першу чергу, пропускної здатності каналів, що використовуються в підземних умовах.

**Мета роботи.** Оцінка стану та визначення тактики побудови системи радіозв'язку та автоматизованого керування тяговим електротехнічним обладнанням в умовах шахт.

**Матеріал та результати досліджень.** Розвиток шахтного зв'язку свідчить, що частотний діапазон систем, які застосовуються, розширюється [1]. Як видно з табл. 1, наразі він охоплює область від сотень герц до декількох гігагерців.

Таблиця 1.

*Види шахтного зв'язку*

<b>Вид зв'язку</b>	<b>Діапазон частот, МГц</b>	<b>Дальність зв'язку, км</b>	<b>Впливові чинники</b>	<b>Галузь застосування</b>
Через гірничу породу	0,001	0,2...0,3	Властивості масиву	Альтернативний зв'язок
Телефонний провідний	0,034	15,0	Провідна мережа	Телефон, гірниче обладнання
Індуктивний зв'язок	1,0	5,0	3...5 м від хвилеводу	Місцевий зв'язок
Випромінюючий кабель	500	100,0	50 м від хвилеводу	Інформаційна мережа зв'язку
Точкова антена	1800	3,0	1000 м від бази	Оперативний зв'язок
Пеленгатор	0,01	0,003	Індивідуальний засіб	Пошук потерпілого

Аналіз даних таблиці засвідчує, що в умовах підземних гірничих виробок не можна однозначно сформулювати універсальний принцип організації безпроводної системи на базі певної визначеної апаратури. Окремі капітальні виробки (ствол, відкотний штрек тощо), які мають достатній поперечний переріз та значні прямолінійні ділянки, утворюють хвилеводи, заповнені слабопровідним середовищем та обмежені провідним середовищем гірничого масиву. Це створює умови для поширення хвиль гіпервисоких частот з модами вищих порядків. Головними чинниками, що впливають на поширення хвиль цього діапазону, є силове електричне обладнання, поперечні перерізи виробок та насичення їх металоконструкціями, які можуть обмежувати зону прямої видимості для радіоканалу. З іншого боку, для систем індуктивного зв'язку металоконструкції є хвилеводами, які дозволяють збільшити дальність розповсюдження радіохвиль у підземних виробках [2]. У зв'язку з цим раціональним бачиться створення комбінованої аналогово-цифрової структури безпроводного зв'язку, яка здатна розв'язувати локальну виробничу задачу та мати доступ до пульта диспетчера або на АТС. При цьому виникає задача забезпечення можливості передачі аналоговими каналами декаметрового діапазону всього обсягу інформації, яку можливо передавати цифровими каналами з більшою смугою пропускання.

Найбільш близькою до вирішення поставленої задачі є система моніторингу пересування об'єктів [3], яка наведена на рис. 1.

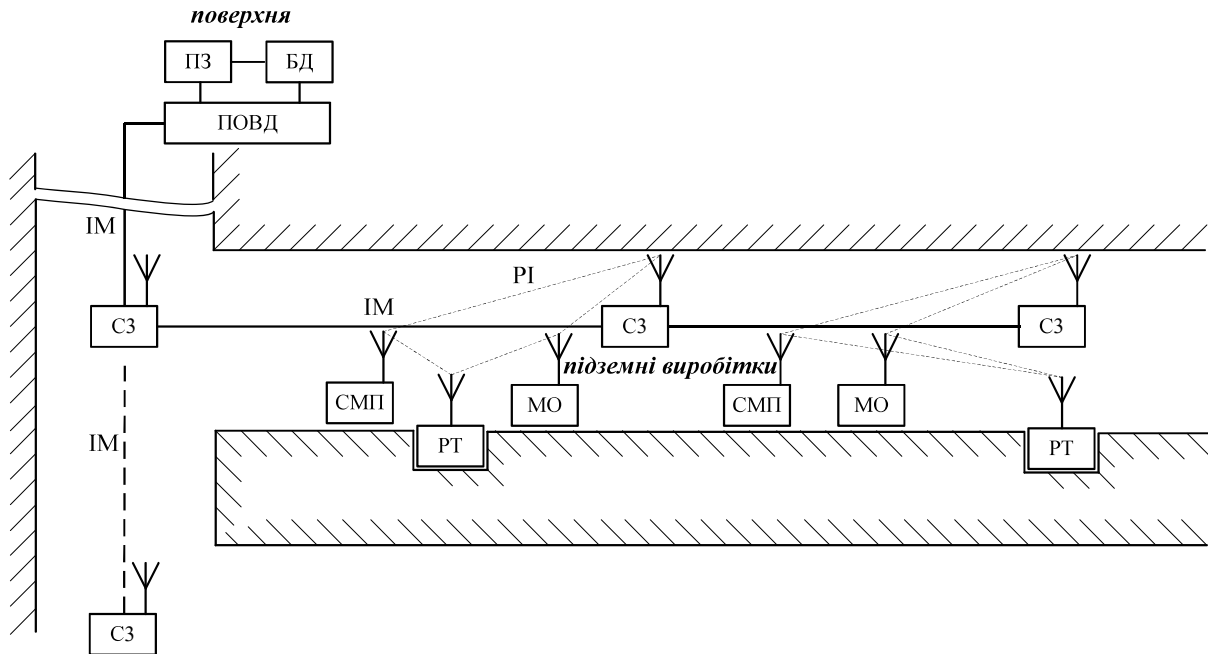


Рис. 1. Система моніторингу пересувних об'єктів

Вона призначена для контролю за роботою пасажирського і вантажного транспорту, персоналу та мобільного технічного обладнання й рекомендована для експлуатації в місцях, де неможливе або нераціональне використання провідних або безпроводних каналів зв'язку. Частина системи, розташована в підземних виробках, містить: стаціонарні зчитувачі СЗ, які зв'язані між собою інформаційною магистраллю ІМ (волоконно-оптичні, кабельні лінії тощо) та розташовані в характерних точках маршруту; радіомаяки точок РТ, які закладено в шпури, пробурені в бортах виробок та орієнтовані таким чином, щоб співпадали поляризації власних антен РТ та пристроїв, які зв'язані з ними радіоінтерфейсом РІ; пристрої системи моніторингу та позиціонування СМП; мобільні об'єкти МО.

Наземна частина системи складається з пристрою обробки та візуалізації даних ПОВД з встановленим програмним забезпеченням ПЗ та зв'язком із базою даних БД.

ПОВД керує обміном даних, здійснюючи періодичне опитування стаціонарних зчитувачів, та заповнює базу даних, в яку вносять номер СЗ, ідентифікатор СМП або МО тощо. У разі входження мобільного об'єкта або пристрою СМП в контрольовану зону дії радіомаяка, фіксується його (маяка) унікальний номер та час реєстрації. Отримані дані передаються приймально-передавальними пристроями контрольованих об'єктів після приймання ними кодової комбінації запиту, яка періодично випромінюється обладнанням стаціонарного зчитувача, в зоні дії якого опиниться об'єкт під час свого подальшого руху.

Розглянута система розширює можливості моніторингу мобільних об'єктів в умовах неповного охоплення зони дії системи провідним або радіоканалами передачі даних, процес моніторингу при цьому повністю автоматизований.

Суттєвим недоліком розглянутого рішення є значна спрямованість системи на вирішення задачі моніторингу власне розташування об'єктів контролю, а не стану електротехнічного обладнання у цілому. Стан обмежується, в цьому випадку, лише контролем розряду батарей РТ, СМП, МО. Ширина спектра такого сигналу значно менша за ширину спектра сигналу, який необхідно застосовувати при побудові більш інформаційних систем. Для збільшення обсягу повідомлення, яке передається, необхідно використовувати методи розподілу інформаційного повідомлення по всій ширині доступного радіочастотного діапазону. Це забезпечить, в першу чергу, збільшення бази сигналу, та дозволить значно зменшити вплив особливостей поширення сигналів у шахтних підземних умовах.

В силу особливостей роботи, розглянутих вище, використання частотного та часового розподілу ускладнене обмеженістю діапазону та необхідністю одночасного функціонування визначеної кількості абонентів. Вирішити поставлену задачу можливо за умови використання в таких системах методів поділу каналів за формою, які передбачають можливість одночасної роботи радіозасобів у загальній смузі частот  $\Delta F$ . При цьому сигнали радіозасобів  $S_i(t)$  утворюють сумарний (груповий) сигнал  $S_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^N S_i(t)$ .

Взаємна ортогональність сигналів  $\{S_i(t)\}$  забезпечує кореляційному приймачу виділення необхідного сигналу  $S_i(t)$  з  $S_{\Sigma}(t)$ . Таким чином, сигнали всіх абонентів передаються в загальній смузі частот, а кана-

ли не синхронізовані між собою у часі. В таких системах з вільним доступом кожному каналу (абоненту) присвоюють визначену форму сигналу, яка є відмінною ознакою, «адресою» даного абонента. Адреса абонента може кодуватись у вигляді псевдовипадкових (шумоподібних) сигналів або у вигляді частотно-часової матриці, коли адреси відрізняються як інтервалами часу між радіоімпульсами, так і частотами їх заповнення. Принцип роботи такої асинхронно-адресної системи зв'язку (ААСЗ) розглянуто на рис. 2 [4].

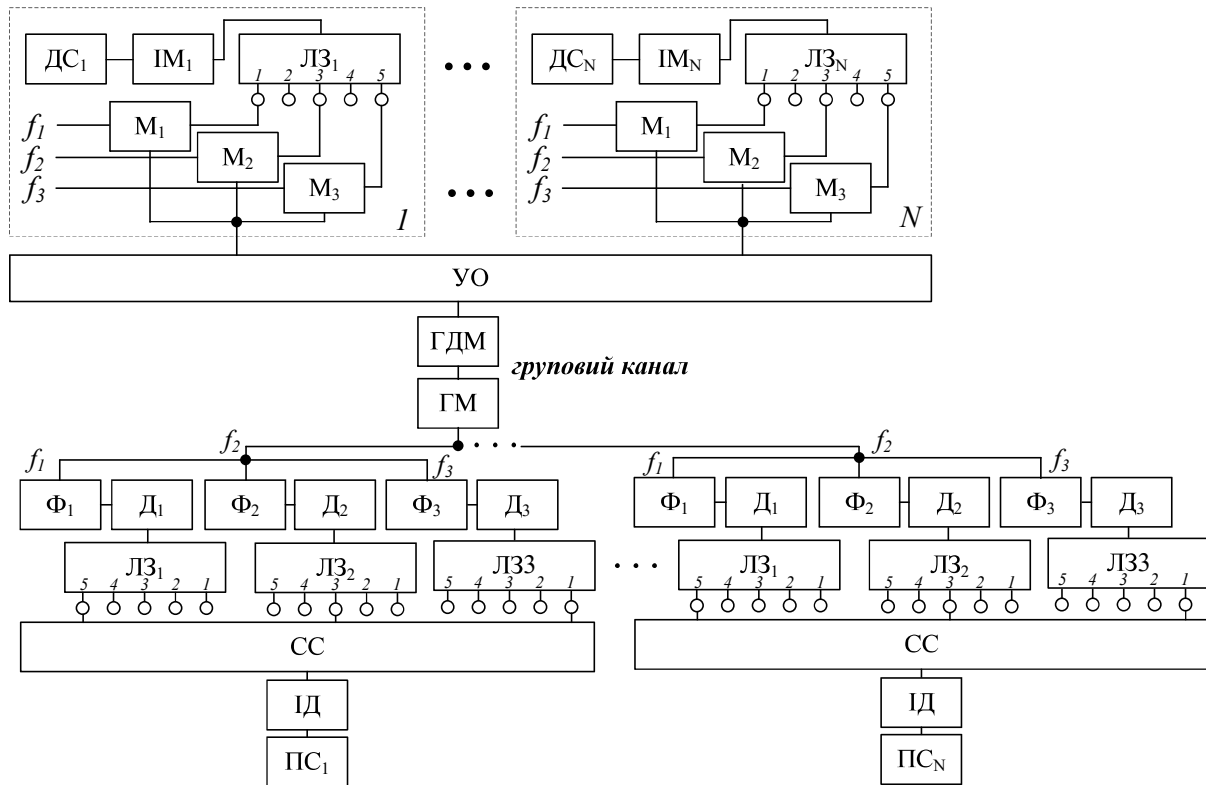


Рис. 2. Структурна схема ААСЗ

Повідомлення, які надходять від джерел  $ДС_1$ – $ДС_N$ , зазнають імпульсної модуляції (фазоімпульсної, або різновидів дельта-модуляції). Кожен із отриманих у результаті первинної модуляції імпульсів, перетворює адресну послідовність з  $n$  імпульсів, які розділені паузами.

Формування адресних послідовностей здійснюється за допомогою лінії затримки з  $l$  відгалуженнями, як показано на рис. 3 [4]. Для формування адреси використовують лише  $n$  з  $l$  імпульсів, причому для другої адреси використовують іншу комбінацію з  $n$  відгалужень. Ці  $n$  імпульсів відрізняються частотою свого заповнення (всього таких частот у системі ущільнення  $m$ ) та можуть займати різні позиції у часі. На рис. 3, а розглянуто варіант побудови таких адресних послідовностей для системи з  $n=m=3$  та  $l=5$ . Таким чином, імпульс, який отримано в результаті первинної імпульсної модуляції повідомленням поділяється лінією затримки на  $n$  імпульсів і може займати одне з  $l$  положень в часі та передається на своїй частоті. Комбінуючи положенням імпульсів у часі щодо першого імпульсу, а також частотою заповнення імпульсів, можна отримати велику кількість адресних (кодових комбінацій, що забезпечує велику кратність ущільнення каналу.

Кожен індивідуальний приймач є нелінійним пристроєм, який має лінію затримки і схему співпадіння СС та реагує лише на визначену послідовність радіоімпульсів (рис. 3, б). Приймач містить  $n$  смугових фільтрів  $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ , налагоджених на відповідні частоти.

Вихідні імпульси кожного фільтра детектуються та надходять на лінії затримки, спроектовані відповідно до адреси, яку присвоєно даному приймачу таким чином, щоб всі  $n$  імпульсів на виходах співпали у часі. Якщо з виходів лінії затримки на вхід схеми співпадіння хоча б один з імпульсів потрапляє неодноразово з іншими, то сигнал на виході СС не з'явиться. Тому приймач реагує лише на присвоєну йому кодову комбінацію. Як видно з рис. 3, б, на вхід приймача надходить груповий сигнал, який містить два повідомлення (заштриховані та не заштриховані радіоімпульси). Приймальний пристрій реагує лише на присвоєну йому адресну частотно-часову комбінацію, відображену заштрихованими імпульсами, тобто виділяє повідомлення. Імпульси з виходу схеми співпадіння перетворюються в прийняте повідомлення в імпульсному демодуляторі відповідно до застосованої імпульсної модуляції.

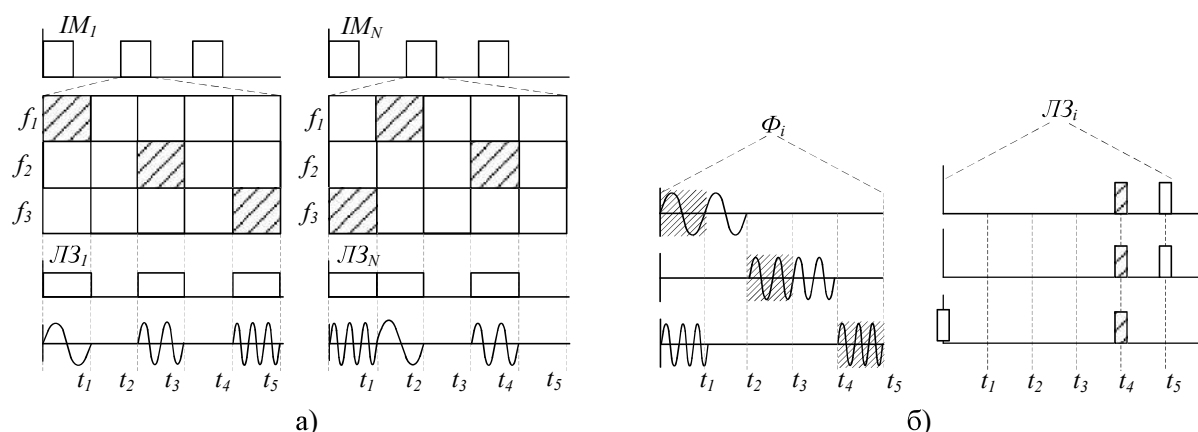


Рис. 3. Адресні послідовності AAC3 (а) та процес розділення повідомлень у AAC3 (б)

Можливе схемне рішення [5] на прикладі організації приймальної частини розглянуто на рис. 4. Функціональна схема містить антену WA1, змішувач WE1, підсилювач проміжної частоти A1, гетеродин UZ1, суматор U1, лінію затримки U2, фільтр узгодження Z1, детектор UR1, ключ U3, опорний генератор UZ2, схему синхронізації U4, вирішувальний пристрій U5, схему виділення U6. Робота пристрою основана на виявленні сигналу шляхом накопичення детектованого синхросигналу й формування вихідного сигналу у схемі виділення, яка складається з корелятора та фазового детектора.

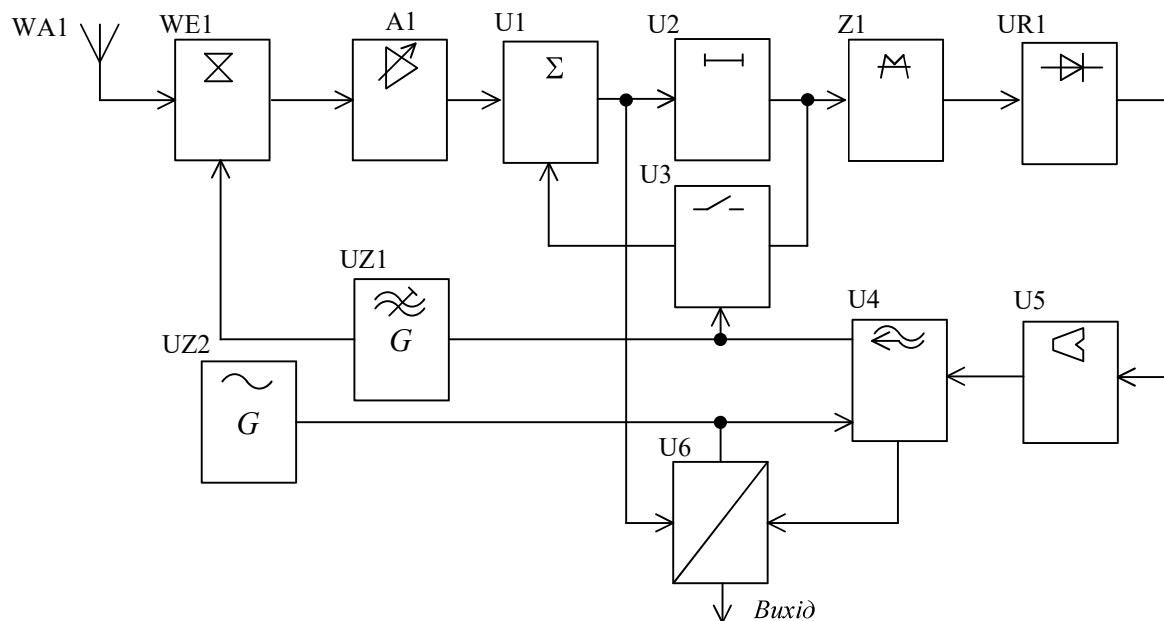


Рис. 4. Функціональна схема приймального пристрою шумоподібних сигналів

**Висновки.** Запропонований метод ущільнення каналу дозволяє встановлювати зв'язок з визначеною кількістю абонентів відповідно положенням індивідуальної лінії затримки на передавачі згідно з адресною кодовою комбінацією. Система не потребує частотних переналагоджень, що зменшує вартість апаратури та забезпечує її надійність. Крім того, вона дозволяє використовувати широкосмугові частотні канали, які необхідні не тільки для забезпечення передачі голосових повідомлень, але і для систем автоматичного керування рухом підземного транспорту, систем моніторингу стану електропотягу тощо.

#### Список літератури

1. Давыдов В. В. Шахтная беспроводная связь / В. В. Давыдов // Горни. нформ-аналит. бюл. (науч.-техн. журн.) . – М.: МГГУ, 2010. – №11. – С. 221 – 228.
2. Капаев А.В. Радиосвязь под землей. Проблемы и пути решения / А.Е Капаев, А.Е. Котова. // Горн. пром. – 2004. – №1. – С.49 – 52.

## **Автоматизация производных процессов**

---

3. Система мониторинга подвижных объектов: патент РФ RU 2422641 C1 / С. М. Оржеховский, И. Б. Захаров; В. О. Деордиев, Т. П. Рожина, А. Н. Нужный, М. В. Грозных; опубл. 27.06.2011, Бюл. №18
4. Теория электрической связи: учебн. пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко; под общ. ред. К.К. Васильева. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 452 с.
5. Приёмное устройство шумоподобных сигналов: патент РФ RU 2385542 C1 / И. О. Малышев, Ю. В. Фоменко; И. Г. Безгинов, А. В. Шестопалов; опубл. 27.03.2010, Бюл. №9.

Рекоменд