

## Дуплексна радіолінія зв'язку з цифровим сигналом

Винахід відноситься до області радіозв'язку і може бути використаний у радіолініях зв'язку з цифровим сигналом для двохстороннього дуплексного радіозв'язку на одній загальній несучій частоті передачі та приймання.

Відома дуплексна радіолінія зв'язку з багатоканалним сигналом /1, с. 13, мал. I.I/. Аналог має на кожному кінці радіолінії передавальну і приймальну антени, передавач з модулятором та приймач з демодулятором. При цьому передають сигнал на одній несучій частоті, а приймають сигнал з другого кінця радіолінії на іншій несучій частоті.

Хибою аналога є те, що для передачі й приймання сигналів на кожному кінці радіолінії потрібно використовувати дві різні несучі частоти і не можна забезпечити дуплексний радіозв'язок на одній загальній частоті передачі і приймання.

Як прототип обрана радіолінія зв'язку для радіоелектронного комплексу /2, с. 19, мал. 1/. Прототип має на кожному кінці радіолінії приймальну і передавальну антени, передавач, приймач та демодулятор (перетворювач прийнятого сигналу в вихідне повідомлення). У такій радіолінії сигнал в одному напрямку передають на одній несучій частоті, а в другому напрямку - на іншій. Це необхідно для того, щоб сигнали свого передавача не заважали приймати сигнали з другого кінця радіолінії. При цьому передають та приймають одноканалний цифровий радіосигнал у двійковому коді у вигляді радіоімпульсів (посилок) постійної тривалості  $t$ , які відповідають наявності випромінювання при передачі біта "1" і відсутності випромінювання при передачі біта "0".

Недоліком прототипу є те, що для здійснення дуплексного радіозв'язку необхідно використовувати дві різні несучі частоти: одну для передачі сигналу, а іншу - для приймання сигналу з другого кінця радіолінії. Використати одну загальну несучу частоту звичайно не вдається, бо прямі сигнали свого передавача будуть заважати приймати сигнали з іншого кінця радіолінії.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення дуплексної радіолінії зв'язку з цифровим сигналом, у якій за рахунок використання схеми запирання приймача при передачі біта "1" зі свого передавача і використання інтервалів відсутності випромінювання свого передавача для приймання інформації досягається можливість здійснення дуплексного радіозв'язку на одній загальній несучій частоті передачі та приймання.

Поставлена задача вирішується тим, що в дуплексній радіолінії зв'язку з цифровим сигналом, що має на кожному кінці радіолінії приймально-передавальну антену, передавач цифрового сигналу в двійковому коді у вигляді радіоімпульсу (посилки) постійної тривалості  $t$  на високій несучій частоті при передачі біта "1" і посилки без

випромінювання при передачі біта "0", приймач та демодулятор, згідно з винаходом

приймачі на обох кінцях радіолінії виконані із однією і тією ж несучою частотою  $f$  і мають схему запирання приймача при передачі біта "1" зі свого передавача;

передавачі на обох кінцях радіолінії виконані у вигляді генератора безперервних синусоїдальних коливань однієї і тієї ж високої несучої частоти  $f$  та підсилювача потужності зі схемою відпирання цього підсилювача при передачі біта "1";

до складу апаратури на першому кінці радіолінії додатково включен диференціючий пристрій відеоімпульсів передаваного вихідного сигналу з діодною схемою розділення позитивних та від'ємних гострокінцевих відеоімпульсів на виході цього пристрою, а на другому кінці радіолінії ввімкнено диференціючий пристрій відеоімпульсів з виходу амплітудного детектора приймача з такою ж діодною схемою розділення гострокінцевих відеоімпульсів;

на кожному кінці радіолінії додатково встановлені чекаючі генератори гострокінцевих відеоімпульсів з періодом повторення  $x$ , вхід запуску яких зв'язаний з діодом від'ємних імпульсів діодної схеми, а вхід зриву коливань - з діодом позитивних імпульсів цієї схеми;

на виході кожного такого генератора встановлений другий чекаючий генератор прямокутних відеоімпульсів тривалістю %;

до складу апаратури на другому кінці радіолінії включений запам'ятовуючий пристрій передаваної цифрової інформації, вхід запуску зчитування якого зв'язаний з виходом генератора гострокінцевих відеоімпульсів;

на виходах амплітудного детектора приймача першого кінця радіолінії і генератора прямокутних відеоімпульсів встановлена схема збігу, а виходи цього генератора та цієї схеми зв'язані з двома входами демодулятора;

на виходах запам'ятовуючого пристрою і генератора прямокутних відеоімпульсів встановлена схема збігу, вихід якої зв'язаний зі схемами відкривання передавача і запирання приймача другого кінця радіолінії, а вихід амплітудного детектора цього приймача зв'язаний з демодулятором.

При цьому зчитування передаваної інформації з запам'ятовуючого пристрою на другому кінці радіолінії здійснюють послідовно по одному біту синхронно з імпульсами запуску чекаючого генератора прямокутних відеоімпульсів у вигляді відеоімпульса тривалості  $t$  при зчитуванні біта "1" і відсутності сигналу при зчитуванні біта "0". Вважається, що передавана цифрова інформація заздалегідь занесена у цей запам'ятовуючий пристрій.

Використанням у запропонованому пристрої схем запирання приймача при передачі біта "1" зі свого передавача і використання інтервалів відсутності випромінювання свого передавача для приймання інформації досягається можливість здійснення дуплексного радіозв'язку на

одній загальній несучій частоті передачі та приймання, що у два рази економить частотний ресурс радіолінії.

Технічна суть і принцип дії запропонованого пристрою пояснюються фіг.1, 2, 3. На фіг.1 представлена спрощена структурна схема приймально-передавальної апаратури на першому кінці радіолінії, а на фіг.2 -структурна схема апаратури на другому кінці радіолінії. На фіг.3 показані спрощені епюри сигналів у схемах радіолінії.

До складу пристрою на фіг. 1 входять такі основні елементи :

приймально-передавальна антена 1;

генератор 2 безперервних синусоїдальних коливань високої несучої частоти  $f$  передавачів;

керований підсилювач потужності 3 передавача;

приймач 4, настроєний на частоту  $f$ ;

схема 5 відкривання підсилювача потужності 3 передавача при передачі біта  $** 1 *$  (в інших випадках цей підсилювач запертий);

схема 6 запірання приймача 4 при передачі біта  $* 1$  зі свого передавача (в інших випадках цей приймач відкритий);

диференціюючий пристрій 7 відеоімпульсів сигналу передаваного сигналу на першому кінці радіолінії (сигнал на виході цього пристрою являє собою короткі гострокінцеві відеоімпульси позитивної полярності на передньому фронті посилення передаваного сигналу і від'ємної полярності на задньому фронті);

■ діодна схема на діодах 8, 9 для розділення від'ємних та позитивних гострокінцевих відеоімпульсів з виходу диференціюючого пристрою 7;

чекаючий генератор 10 періодичних гострокінцевих відеоімпульсів з періодом повторення  $x$  (цей генератор запускається від'ємним імпульсом діодної схеми з одного входу і зриває коливання при надходженні позитивного імпульсу діодної схеми з другого входу);

чекаючий генератор 11 прямокутних відеоімпульсів тривалістю  $x$  (цей генератор запечається гострокінцевими відеоімпульсами з виходу генератора 10);

амплітудний детектор 12 приймача 4;

схема збігу 13 (ця схема пропускає відеоімпульс на вихід тільки в разі одночасної присутності на двох її входах прямокутних відеоімпульсів);

демодулятор 14 (цей демодулятор видає біт "1" при одночасній наявності на двох його входах прямокутних відеоімпульсів, видає біт "0" при наявності відеоімпульса тільки на одному його вході і нічого не видає при відсутності сигналів на обидвох його входах).

До складу пристрою на фіг.2 входять такі основні елементи :

приймально-передавальна антена 15;

генератор 16 безперервних синусоїдальних коливань високої несучої частоти  $f$  передавачів;

керований підсилювач потужності 17 передавача;

приймач 18, настроєний на частоту  $f$ ;

схема 19 відкривання підсилювача потужності 17 передавача при передачі біта "1" (в інших випадках цей підсилювач запертий);

схема 20 запирання приймача 18 при передачі біта "1" зі свого передавача (в інших випадках цей приймач відкритий);

амплітудний детектор 21 приймача 18;

демодулятор 22 на виході амплітудного детектора 21 приймача 18 (цей демодулятор видає біт "1" при наявності на його вході відеоімпульса тривалістю  $x$  і видає біт "0" за відсутності сигналу протягом посилки  $x$ );

диференціюючий пристрій 23 прямокутних відеоімпульсів з виходу амплітудного детектора приймача на другому кінці радіолінії з діодною схемою на діодах 24<sub>5</sub> 25 для розділення від'ємних і позитивних гострокінцевих відеоімпульсів;

чекаючий генератор 26 періодичних гострокінцевих відеоімпульсів з періодом повторення  $x$  (цей генератор запускається від'ємним імпульсом діодної схеми на діодах 24, 25 з одного входу і зриває коливання при надходженні позитивного імпульса діодної схеми з другого входу);

чекаючий генератор 27 прямокутних відеоімпульсів тривалістю  $x$  (цей генератор запускається гострокінцевими відеоімпульсами з виходу генератора 26);

запам'ятовуючий пристрій 28 на другому кінці радіолінії (у цей пристрій заздалегідь записують інформацію, призначену для передачі на перший кінець радіолінії);

схема збігу 29 (ця схема пропускає відеоімпульс на вихід тільки в разі одночасної присутності на двох її входах прямокутних відеоімпульсів).

Нижче пояснюється принцип дії запропонованого пристрою та обґрунтовуються його істотні відмітні ознаки.

Для забезпечення дуплексного радіозв'язку на одній несучій частоті передачі і приймання передають біти "1" і "0" з другого кінця радіолінії синхронно з передаванням з першого кінця радіолінії сигналом в моменти передачі із першого кінця бітів "0". Крім того, на обох кінцях радіолінії замикають свій приймач при передачі своїм передавачем біта "1". Таке технічне розв'язання дозволяє використати для передачі і приймання на кожному кінці радіолінії одну й ту ж загальну несучу частоту  $f$ , що вдвічі економить частотний ресурс радіолінії та дозволяє використати однотипні передавачі, приймачі і антени. Це дозволяє здійснити дуплексний радіозв'язок на одній загальній несучій частоті, але швидкість передачі інформації з другого кінця радіолінії на перший буде вдвічі нижчою, ніж в зворотному напрямі.

Принцип передачі і демодуляції інформації у запропонованому пристрої пояснюється епюрами сигналів, показаних на фіг.3. Для прикладу вважається, що з першого кінця радіолінії на другий передають цифровий сигнал 1010110010110101..., а у зворотному напрямі передають сигнал 1010101... Цей приклад, зрозуміло, не накладає ніяких обмежень на цифрові сигнали і вони можуть бути будь-якими.

Повідомлення з першого кінця радіолінії" на другий передають за допомогою посилок однакової тривалості  $x$ , при цьому біту "1" відповідає прямокутний радіоімпульс тривалості  $x$  на несучій частоті  $f$ , а біту "0" відповідає відсутність сигналу протягом такого ж інтервалу часу. При передачі біта "1" вхід приймача запирають і він не приймає сигнали свого передавача.

Повідомлення з другого кінця радіолінії на перший також передають посилками тривалості  $x$  синхронно з сигналом з першого кінця радіолінії. При цьому біти "1" або "0" передають в інтервали передачі з першого кінця радіолінії біта "0".

Приймач на другому кінці радіолінії також запирають на час передачі біта "1" своїм передавачем. При передачі біта "1" з другого кінця радіолінії випромінюють радіоімпульс тривалості  $x$  на несучій частоті  $f$ , а при передачі біта "0" нічого не випромінюють протягом такого ж інтервалу часу. При цьому тривалість посилок  $x$  значно більша від часу розповсюдження радіохвиль на трасі.

Епюра радіосигналу, що передається з першого кінця радіолінії на другий, показана, на фіг.3а, а радіосигнал з другого кінця радіолінії показаний на фіг.4б. Сигнал, що приймається, на другому кінці радіолінії підсилюють приймачем 18 (сигналів свого передавача цей приймач не приймає), детектують амплітудним детектором 21 і демодулюють демодулятором 22.

Демодулятор 22 видає на вихід біт "1", коли на його вході є відеоімпульс тривалості  $x$ , і видає біт "0", коли імпульс відсутній. Конструкція такого демодулятора відома і він не відрізняється від демодулятора прототипу. Епюра сигналу на виході демодулятора 22 зображена на фіг.4з, де також позначені біти "1" і "0" інформації, передаваної на другий кінець радіолінії.

На першому кінці радіолінії вихідний передаваний цифровий сигнал у вигляді прямокутних відеоімпульсів тривалістю  $x$  при передачі біта "1" використовують для запирання свого приймача і відкривання підсилювача потужності свого передавача. Це завдання виконують схеми 5, 6, конструкція яких відома. Крім того, цей сигнал диференціюють диференціюючим пристроєм 7. На виході цього пристрою буде сигнал у вигляді коротких гострокінцевих відеоімпульсів позитивних на передньому фронті вихідного відеоімпульсу і від'ємних на його задньому фронті. Ці гострокінцеві відеоімпульси різної полярності розділяють діодною схемою з протилежно включених діодів 8, 9 і використовують далі при демодуляції сигналу, що приходить з другого кінця радіолінії.

Епюри гострокінцевих відеоімпульсів на виході диференціюючого пристрою показані на фіг.3в. Інтервал відсутності випромінювання першого передавача є кратним тривалості посилок  $x$  і може містити в собі одну або декілька посилок.

За цей інтервал необхідно передати з другого кінця радіолінії стільки бітів інформації, якою є тривалість цього інтервалу (у відрізках  $x$ ). Для цього диференціюють диференціюючим пристроєм 23 сигнал з виходу амплітудного детектора 21 другого приймача та виділяють інтервал відсутності випромінювання першого передавача. На початку цього інтервалу йде від'ємний гострокінцевий відеоімпульс, а в кінці - позитивний. Гострокінцеві імпульси на виході диференціюючого пристрою 23 показані на фіг.3в. Позитивні і від'ємні імпульси розділяють діодною схемою на діодах 24, 25.

Пропонується розбити інтервал відсутності випромінювання першого передавача на послідовні тривалості  $x$  за допомогою чекаючого генератора 26 коротких гострокінцевих періодичних відеоімпульсів з періодом проходження  $x$ . На два входи запуску цього генератора подають гострокінцеві імпульси з діодної схеми на діодах 24, 25.

Від'ємний імпульс запускає генератор 26, а позитивний імпульс зриває коливання генератора до приходу слідуєчого від'ємного імпульсу запуску. Гострокінцеві імпульси на виході чекаючого генератора показані на фіг.3г. Ці імпульси використовують для запуску чекаючого генератора 27 прямокутних відеоімпульсів тривалістю  $x$ , а сигнал на виході чекаючого генератора показаний на фіг.3д.

На другому кінці радіолінії інформацію, призначену для передачі на перший кінець, тримають у запам'ятовуючому пристрої 28 і заздалегідь записують її туди. Зчитування інформації з запам'ятовуючого пристрою 28 здійснюють послідовно по одному біту синхронно з імпульсами запуску чекаючого генератора відеоімпульсів 27. При цьому запам'ятовуючий пристрій 28 видає прямокутний відеоімпульс тривалості  $x$  при зчитуванні біта "1" і нічого не видає при зчитуванні біта "0". Вихідні відеоімпульси із запам'ятовуючого пристрою 28 і з чекаючого генератора 27 подають на схему збігу 29, що пропускає відеоімпульс на вихід тільки при одночасній наявності відеоімпульсів на двох її входах. Відеоімпульси на виході схеми збігу 29 показані на фіг.3е.

Ці відеоімпульси використовують для відкривання другого передавача та запирання другого приймача за допомогою схем 19, 20.

Приймач 4 на першому кінці радіолінії приймає радіоімпульси тривалістю  $x$  з другого кінця радіолінії і кожний такий імпульс відповідає біту "1". а інтервал між ними кратіше  $\cdot t_l$

Тільки за цими імпульсами демодулювати сигнал не можна, оскільки невідомо, скільки бітів "0" міститься між імпульсами прийнятого сигналу (їх може бути від нуля і більше). Демодуляцію сигналу на першому кінці радіолінії можна здійснити шляхом сумісного аналізу передаваного сигналу та сигналу, що приймається. Такий аналіз проводять за допомогою диференціюючого пристрою 7, діодної схеми розділення імпульсів на діодах 8,9, чекаючого генератора 10 гострокінцевих періодичних відеоімпульсів, чекаючого генератора 11 прямокутних

відеоімпульсов, схеми збігу 13 та демодулятора 14. Чекаючі генератори 10, 11 працюють так само, як генератори 26, 27 на другому кінці радіолінії, а їх імпульси показані на егаторах фіг.3г, д. На два входи схеми збігу 13 подають відеоімпульси тривалості  $x$  з чекаючого генератора 11 і з виходу амплітудного детектора 12 першого приймача, а ця схема пропускає відеоімпульс на вихід тільки при одночасній наявності імпульсів на двох її входах. Етюра сигналу на виході схеми збігу 13 показана на фіг.3е. На два входи демодулятора 14 надходять відеоімпульси з чекаючого генератора 11 і із виходу схеми збігу 13. Демодулятор 14 видає біт "1" при наявності *обох* відеоімпульсів на його входах, видає біт "0" при наявності тільки відеоімпульса чекаючого генератора 11 і нічого не видає, коли відеоімпульси на обох його входах відсутні. Етюра сигналу на виході демодулятора 14 подана на фіг.3ж. Для розрізнення інтервалів, в які надходять біти інформації, від інтервалів, в які нічого не поступає, біти "1" з виходу демодулятора 14 видають у вигляді позитивних прямокутних відеоімпульсів тривалістю  $x$ , а біти "0" видають у вигляді від'ємних відеоімпульсов такої ж тривалості.

Диференціюючі пристрої, діодні схеми розділення імпульсів, чекаючі генератори гострокінцевих та прямокутних відеоімпульсів і схеми збігу, а також схеми запирання приймачів і відкривання підсилювачів потужності передавачів необхідні для реалізації дуплексного цифрового радіозв'язку на одній несучій частоті, а також для демодуляції сигналу, що приймається, на першому кінці радіолінії.

Таким чином, запропонований пристрій може бути практично реалізований, забезпечує досягнення позитивного ефекту, а відмічені вище відмітні признаи є істотними і принципово необхідними для його реалізації.

Основні елементи запропонованого пристію на фіг. 1, 2 виконані таким чином. Приймально-передавальні антени 1, 15 однакові і працюють на одній і тій же частоті передачі та приймання. Приймачі 4, 18 однакові, настроєні на одну й ту ж частоту  $f$  і можуть бути виконані у вигляді супергетеродинних приймачів з амплітудними детекторами 12, 21. При передачі біта "1" зі свого передавача ці приймачі запирають схемами запирання 6, 20. Передавачі виконані у вигляді генераторів 2,16 безперервних синусоїдальних коливань високої частоти  $f$  і керованих підсилювачей потужності 3, 17, що відкриваються при передачі бітів "1" за допомогою схем відкривання 5, 19. Диференціюючі пристрої 7, 23, діодні схеми розділення імпульсів на діодах 8, 9, 24, 25, чекаючі генератори гострокінцевих 10, 26 та прямокутних 11, 27 відеоімпульсів і схеми збігу 13, 29 мають відому конструкцію і легко можуть бути реалізовані на сучасній елементній базі. Демодулятор 22 на другому кінці радіолінії має відому конструкцію і не відрізняється від демодулятора прототипу. Демодулятор 14 на першому кінці радіолінії може бути реалізований у вигляді простої мікросхеми. Запам'ятовуючий пристрій 28 має відому конструкцію.

Робота запропонованого пристрою відбувається таким чином. У запам'ятовуючий пристрій 28 записують цифрову інформацію, призначену для передачі на перший кінець радіолінії. З першого кінця радіолінії передають цифровий сигнал у вигляді посилок однакової тривалості  $x$ , що відповідають наявності випрямлювання при передачі біта "1" і відсутності випрямлювання пда передачі біта "0". При цьому? при передачі біта "1" свій ариймач запирають. Ці сигнали приймають на другому кінці радіолінії і демодулюють демодулятором 22. Сигнали з другого кінця радіолінії передають синхронно з сигналом з першого кінця радіолінії. При цьому біти інформації "1" або "0" передають з другого кінця радіолінії в інтервали передачі бітів "0" з першого кінця. При передачі біта "1" свій приймач запирають і випромінюють радіоімпульс тривалості  $t$ , а при передачі біта "0" нічого не випромінюють. Сигнал з другого кінця радіолінії приймають на першому кінці і демодулюють за допомогою демодулятора 14 шляхом сумісного аналізу сигналів, що приймаються, та передаваних сигналів.

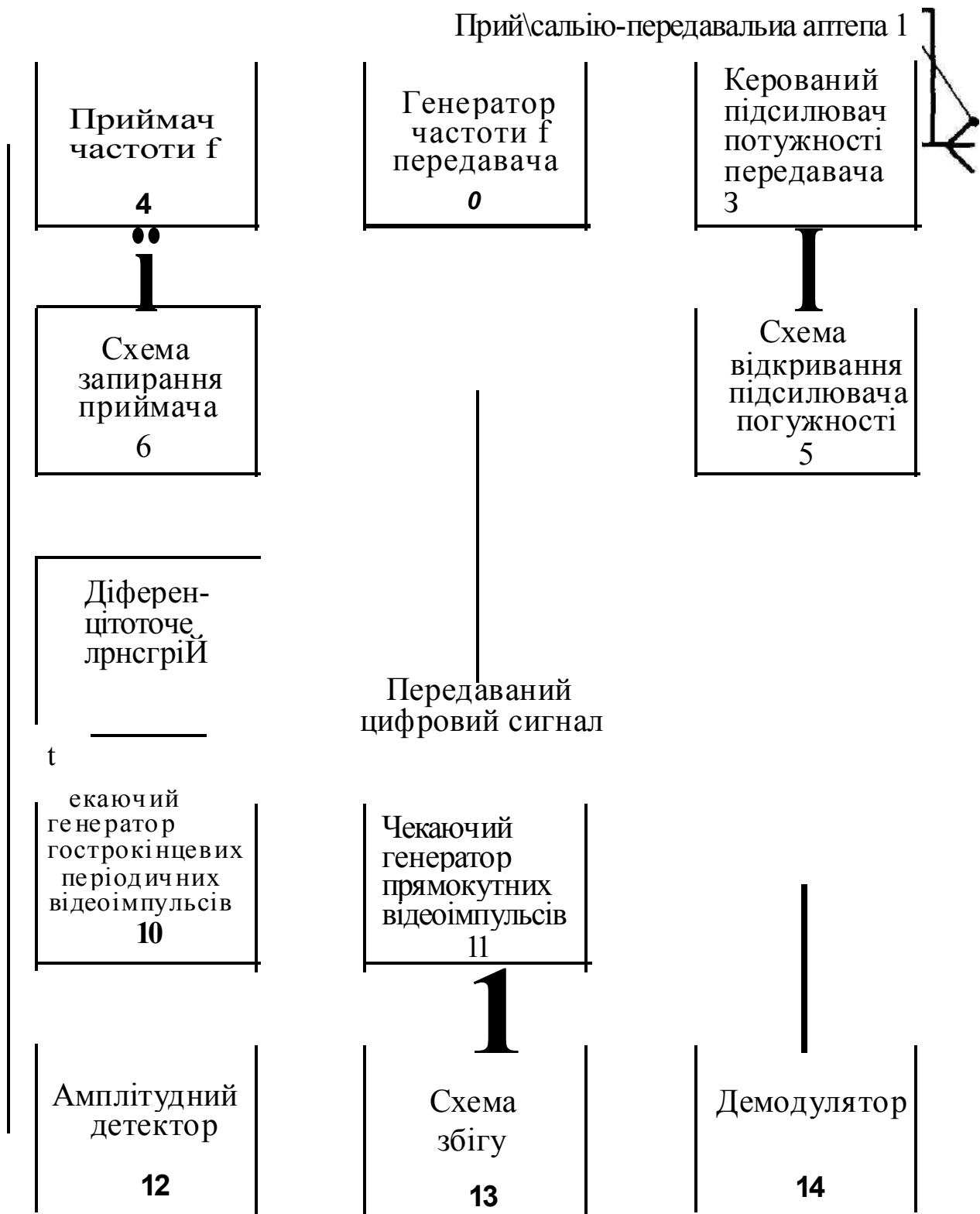
Таким чином, запропонований пристрій може бути практично реалізований, усуває відзначені недоліки аналога та прототипу і забезпечує дуплексний радіозв'язок на одній загальній частоті передачі та приймання.

#### Джерела інформації

1. Чердинцев В. А. Радиотехнические системы: Учеб. пособие для вузов.-Мн.: Высш.шк., 1988.
2. Нефедов Е.И. Радиоэлектроника наших дней. -М. : Наука, 1986, с. 19, рис. 1,( прототип ).

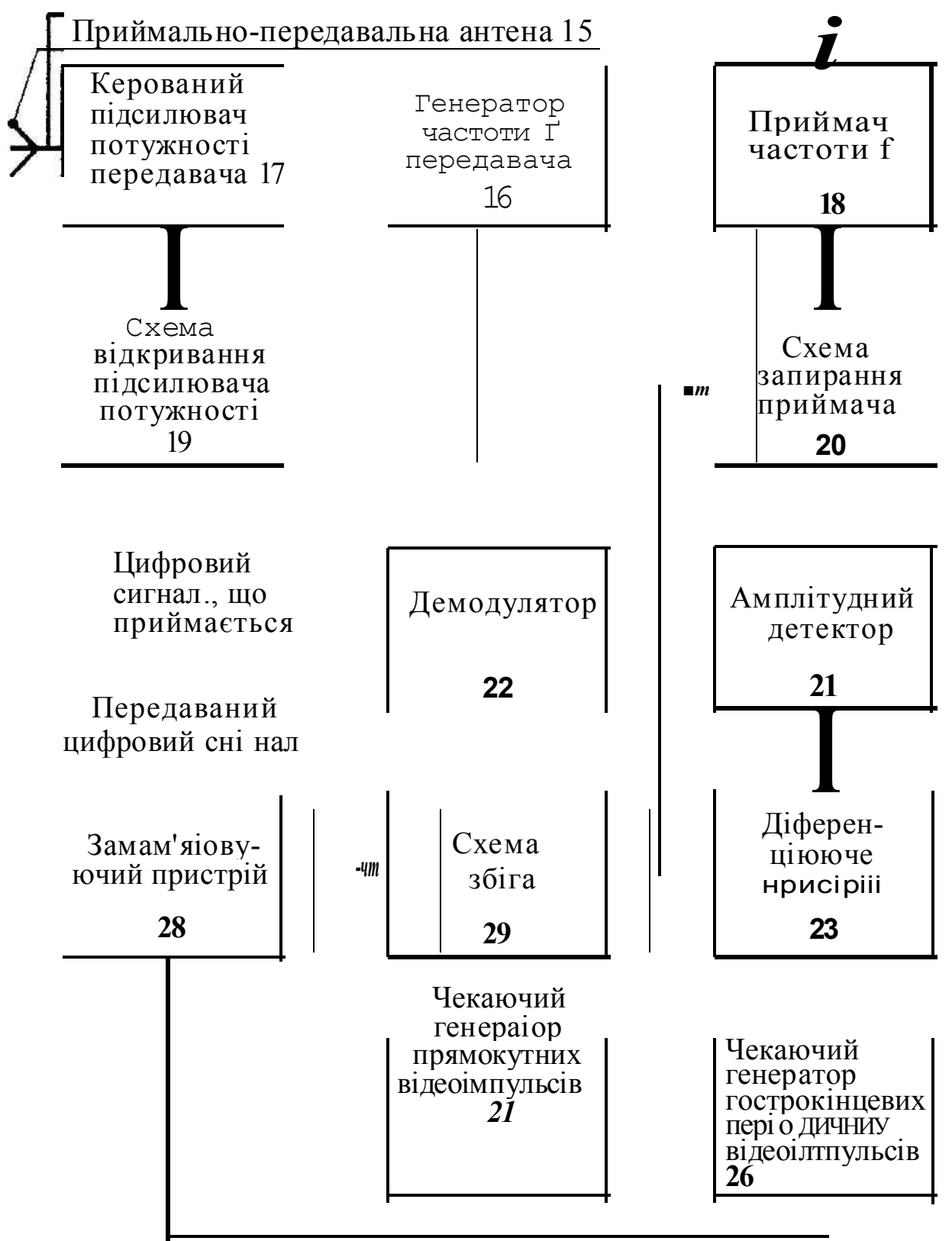


## Дуплексна радіолінія зв'язку з цифровим сигналом



Цифровий сигнал, що  
приймається Авторі:  
Бахвалов Б.М.  
Костенко Л.В.

## Дуплексна радіолінія зв'язку з цифровим сигналом



Фіг. 2

Автори; Бахвалов Б.М.  
Костенко Л.В.