



УКРАЇНА

(19) UA (11) 17681 (13) U
(51) МПК (2006)
H04B 7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЛАЗЕРНА АТМОСФЕРНА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ

1

2

(21) u200602963

(22) 20.03.2006

(24) 16.10.2006

(46) 16.10.2006, Бюл. № 10, 2006 р.

(72) Тужанський Станіслав Євгенович, Маліновський Вадим Ігоревич

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Атмосферна лазерна лінія зв'язку, яка містить на передавальній стороні лазерний випромінювач, послідовно з'єднаний з ним блок модулятора, перший вхід якого є інформаційним, причому другий вхід останнього підключений до генератора проміжної частоти, а на приймальній стороні - фотодетектор, що з'єднаний з першим входом блока широкопasmового підсилювача, вихід якого послідовно з'єднаний з смуговим фільтром та блоком демодуляції і проміжного підсилення, вихід якого є інформаційним, яка **відрізняється** тим, що в неї введено зворотний інформаційний канал НВЧ-радіодіапазону у вигляді приймальної антени направленої дії з коефіцієнтом розбіжності променів $\alpha \leq 10^{-2}$ рад на передавальній станції атмосферної лазерної лінії зв'язку, причому вихід приймальної антени послідовно з'єднаний з процесорним блоком керування потужністю передачі, вихід якого з'єднаний з третім входом блока модулятора, послідовно з'єднаний з першим входом блока модулятора блок шифрування і попереднього підсилення

та блок узгодження із зовнішнім інтерфейсом, вхід якого є входом передавальної станції атмосферної лазерної лінії зв'язку, причому вихід лазерного випромінювача з'єднаний з входом оптичної системи передавальної станції, а на приймальній стороні введено передавальну антену направленої дії з коефіцієнтом розбіжності променів $\alpha \leq 10^{-2}$ рад, вхід якої з'єднано з процесорним блоком аналізу рівня оптичного сигналу, вхід якого послідовно з'єднано з компаратором та другим виходом блока широкопasmового підсилювача, причому перший вихід останнього послідовно з'єднаний з входом смугового фільтра, який послідовно з'єднаний з блоком демодуляції та проміжного підсилення, блоком дешифрування та блоком узгодження з зовнішнім інтерфейсом, вихід якого є виходом приймальної станції атмосферної лазерної лінії зв'язку, причому вхід фотодетектора з'єднаний з виходом оптичної системи приймальної станції.

2. Лінія за п. 1, яка **відрізняється** тим, що блок широкопasmового підсилювача на приймальній станції атмосферної лазерної лінії зв'язку включає в себе відокремлювач корисного сигналу від проміжної частоти та має два входи та два виходи, а на передавальній станції атмосферної лазерної лінії зв'язку блок модулятора включає в себе вмонтований змішувач з проміжною частотою та має три входи та один вихід.

Корисна модель відноситься до області безпроводної передачі інформації, і може використовуватись для передачі інформації по відкритим оптичним каналам на середні відстані (до 10км) в системах, безпроводної передачі інформації, а також в атмосферних лазерних лініях зв'язку (АЛЛЗ) в мережах з магістральною організацією.

Відомий пристрій для передачі і прийому інформації по оптичному каналу [А.с. СРСР №1380582 А1, М. кл. H04B 9/00, опубл. 07.09.91, бюл. №33], що базується на використанні дуплексного або окремого каналу зв'язку для передачі інформації по відкритому оптичному каналу. Пристрій містить на передаючій стороні джерело ви-

промінювання, світлоподільник, змішувач, два інформаційних канали, контрольний фотоприймач сигналів синхронізації, формувач інформаційного сигналу та чотири елементи зсуву. На приймальній стороні аналізатор, два фотоприймача, два елемента затримки, обчислюючий блок та два блоки виділення інформаційних сигналів.

Недоліками цього пристрою є стала величина оптичної потужності випромінювання джерела та використання в схемі елементів затримки що зменшує швидкодію, яка обмежена величиною затримки. Відсутність варіації робочої оптичної потужності основного інформаційного каналу, що при високих значеннях атмосферної неоднорідності та

UA (19) 17681 (13) U

явищ поглинання, пропускання, сторонніх засвічень призводить до зменшення рівня оптичного сигналу на приймальній стороні, відповідно збільшення коефіцієнту виявлення похибки передачі або повній втраті корисного сигналу.

Найбільш близьким до запропонованого є пристрій оптичної лінії зв'язку [А.с. СРСР, №1779292, М. кл. Н04В 10/00, опубл. 08.01.90, б. №44, 1990.], який містить на передавальній стороні лазерний генератор (в подальшому лазерний випромінювач) та фазовий модулятор (в подальшому блок модулятора), вхід якого є інформаційним, а на приймальній стороні послідовно з'єднаний оптичний відгалужувач, перший фотодетектор, перший ширококутовий підсилювач (в подальшому блок ширококутового підсилювача), смуговий фільтр, обчислюючий блок (в подальшому блок демодуляції і проміжного підсилення), перемножувач і фільтр нижніх частот, а також місцевий лазерний генератор і послідовно з'єднаний другий фотодетектор, другий ширококутовий підсилювач, і елемент затримки, вихід якого з'єднаний з другим входом перемножувача. Вихід місцевого лазерного генератора з'єднаний з другим входом оптичного відгалужувача, другий вихід якого з'єднаний з входом другого фотодетектора. Вихід обчислюючого блоку є виходом лінії передачі. На передавальній стороні введені послідовно з'єднані відгалужувач сигналів, блок перетворення оптичної частоти і оптичний суматор, генератор проміжної частоти, причому другий вихід відгалужувача сигналів з'єднаний з входом фазового модулятора, вихід якого з'єднаний з другим входом оптичного суматора. Вихід генератора проміжної частоти з'єднаний з другим входом блоку перетворення оптичної частоти, вихід лазерного генератора з'єднаний з входом відгалужувача сигналів. А на приймальній стороні введені послідовно з'єднані підсилювач проміжної частоти, фазовий детектор, другий фільтр нижніх частот та генератор проміжної частоти, послідовно з'єднані фільтр верхніх частот і суматор, вихід другого ширококутового підсилювача з'єднаний з входом підсилювача проміжної частоти, вихід генератора проміжної частоти з'єднаний з другим входом фазового детектора, вихід якого з'єднаний з входом фільтра верхніх частот. Вихід першого фільтра нижніх частот з'єднаний з другим входом суматора, вихід якого з'єднаний з керуючим входом місцевого лазерного генератора.

Недоліками пристрою є вузькі функціональні можливості зокрема відсутність варіації робочої оптичної потужності основного інформаційного каналу, що при високих значеннях атмосферної неоднорідності та явищ поглинання, пропускання, засвічення призводить до зменшення рівня оптичного сигналу на приймальній стороні, відповідно збільшення коефіцієнту виявлення похибки передачі BER (Bit Error Ratio) або повній втраті корисного сигналу. Також недоліком є використання режиму роботи основного лазерного генератора на повній випромінюючій потужності, тобто при використанні напівпровідникового лазера при роботі з максимальним струмом інжекції в якості випромінювача на передавальній стороні, строк його служби значно зменшиться.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення атмосферної лазерної лінії зв'язку для отримання стабільної передачі інформації у відкритому оптичному каналі, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків досягається можливість варіації оптичної потужності корисного сигналу, що дозволяє зменшити вплив зовнішніх атмосферних факторів, тим самим підвищує стабільність передачі інформації по оптичному каналу, дозволяє передачу з меншим коефіцієнтом похибки передачі BER. Також досягається раціональний режим роботи при експлуатації джерела випромінювання в передаючому оптичному модулі, що дозволить збільшити строк служби джерела випромінювання.

Таким чином, у розглянутому пристрої досягається більш висока стабільність передачі інформації по атмосферному лазерному каналу за рахунок використання окремого зворотного НВЧ-радіоканалу, для передачі команд керування потужністю основного сигналу, на базі антени направленої дії, що дає змогу використовувати АОЛЗ у більш жорстких атмосферних умовах з великими флуктуаціями спектрально коефіцієнта пропускання $\tau_A(\Delta\lambda)$. Це дозволяє розширити функціональні можливості та області використання таких АЛЛЗ.

Поставлена задача досягається тим, що в атмосферну лазерну лінію зв'язку, яка містить на передавальній стороні лазерний випромінювач, послідовно з'єднаний з ним блок модулятора, перший вхід якого є інформаційним, причому другий вхід останнього підключений до генератора проміжної частоти, а на приймальній стороні фотодетектор, що з'єднаний з першим входом блоку ширококутового підсилювача, вихід якого послідовно з'єднаний з смуговим фільтром та блоком демодуляції і проміжного підсилення вихід якого є інформаційним, введено зворотній інформаційний канал НВЧ-радіодіапазону у вигляді приймальної антени направленої дії з коефіцієнтом розбіжності променів $\alpha \leq 10^{-2}$ рад на передавальній станції атмосферної лазерної лінії зв'язку, причому вихід приймальної антени послідовно з'єднаний з процесорним блоком керування потужністю передачі, вихід якого з'єднаний з третім входом блоку модулятора, послідовно з'єднані з першим входом блоку модулятора, блок шифрування і попереднього підсилення та блок узгодження із зовнішнім інтерфейсом, вхід якого є входом передавальної станції атмосферної лазерної лінії зв'язку, причому вихід лазерного випромінювача з'єднаний з входом оптичної системи передавальної станції, а на приймальній стороні введено передавальну антену направленої дії з коефіцієнтом розбіжності променів $\alpha \leq 10^{-2}$ рад, вхід якої з'єднано з процесорним блоком аналізу рівня оптичного сигналу, вхід якого послідовно з'єднано з компаратором та другим виходом блоку ширококутового підсилювача, причому перший вихід останнього послідовно з'єднаний з входом смугового фільтра, який послідовно з'єднаний з блоком демодуляції та проміжного підсилення, блоком дешифрування та блоком узгодження з зовнішнім інтерфейсом, вихід якого є виходом приймальної станції АОЛЗ, причому вхід фотодетектора з'єднаний з виходом оптичної системи приймальної станції. На Fig.1 зображено

структурну схему атмосферної лазерної лінії зв'язку. На Фіг.2 зображено графік оптимального режиму роботи АЛЛЗ.

Атмосферна лазерна лінія зв'язку (див. Фіг.1) складається: на передаючій станції з блоку узгодження із зовнішнім інтерфейсом 1; блоку шифрування і попереднього підсилення 2; генератора проміжної частоти 3; блоку модулятора 4; процесорного блоку керування потужністю передачі 5; блоку приймальної антени НВЧ-діапазону 6; лазерного випромінювача 7 та оптичної системи передавальної станції 8. На приймальній станції з фотодетектора 10 та відповідно його оптичної системи 9, блоку широкосмугового підсилювача 11, генератора проміжної частоти 12; блоку передавальної антени НВЧ-діапазону 13; компаратора 14 та процесорного блоку аналізу 15; смугового фільтру 16; блоку демодуляції та проміжного підсилення 17; блоку дешифрування 18 та блоку узгодження з зовнішнім інтерфейсом 19.

Зв'язки. На передаючій станції АЛЛЗ послідовно з'єднані блок узгодження із зовнішнім інтерфейсом 1, блоку шифрування і попереднього підсилення 2, що з'єднаний з першим входом блоку модулятора 4 та лазерний випромінювач 7, оптично з'єднаний з оптичною системою передавальної станції 8. На другий вхід блоку модулятора 4 підключений вихід генератора проміжної частоти 3, а третій вхід блоку модулятора 4 з'єднаний з виходом процесорного блоку керування потужністю передачі 5, на вхід якого підключений вихід блоку приймальної антени НВЧ-діапазону 6. На приймальній станції АЛЛЗ, фотодетектор 10 оптично з'єднаний з оптичною системою приймальної станції 9, та підключений на перший вхід блоку широкосмугового підсилювача 11, перший вхід якого з'єднаний з входом смугового фільтру 16, який послідовно з'єднаний з блоком демодуляції та проміжного підсилення 17, блоком дешифрування 18 та блоком узгодження з зовнішнім інтерфейсом 19. На другий вхід блоку широкосмугового підсилювача 11 підключений вихід генератора проміжної частоти 12, а другий вхід блоку широкосмугового підсилювача 11 з'єднаний з входом компаратора 14, вихід якого з'єднаний з входом процесорного блоку аналізу 15. Вихід останнього підключений на вхід блоку передавальної антени НВЧ-діапазону 13. Зв'язок між приймальною та передавальною станцією здійснюється по основному оптичному каналі, що встановлюється між 8 та 9, та по каналу зворотного зв'язку НВЧ-радіодіапазону від 13 до 6.

Пристрій працює наступним чином: на передавальній станції інформація із зовнішньої мережі у вигляді електричного сигналу надходить на блок узгодження 1, вхід якого є входом передавальної станції АЛЛЗ, з якого відповідно узгоджений за логічним рівнем сигнал попередньо підсилюється за амплітудою і шифрується блоком 2. Вже підсилений до сталого рівня зашифрований сигнал надходить на перший вхід блоку модулятора, який є інформаційним. На другий вхід блоку модулятора 4 надходить періодичний сигнал від генератора проміжної частоти 3, який формує основний інформаційний сигнал на даній несучій частоті. Блок модулятора 4 на виході виконує модуляцію струму накачки лазерного випромінювача 7 у відповіднос-

ті з інформаційним вхідним сигналом. Сформований від лазерного випромінювача світловий потік колімується оптичною системою передавальної станції 8 і на виході формує плоский хвильовий фронт, який по суті є інформаційним світловим пучком в оптичній трасі. Сигнал керування оптичною потужністю від приймальної станції АЛЛЗ передається по радіоканалу на блок приймальної антени 6, який перетворює сигнал в електричний у відповідності з логічними рівнями процесорного блоку 5 і подає сигнал на його вхід. Процесорний блок виконує аналіз прийнятого сигналу тобто команд керування від приймальної станції АЛЛЗ, та у відповідності з алгоритмом роботи та керує роботою блоку 4, який встановлює величину амплітуди інжекційного струму лазерного випромінювача. На приймальній станції АЛЛЗ, прийнятий оптичний сигнал фокусується оптичною системою приймальної станції АЛЛЗ 9 на фотодетекторі 10, сигнал з якого надходить до блоку широкосмугового підсилювача 11 і підсилившись подається по двом виходам, по першому на вхід полосового фільтру 16, а по другому на компаратор 14. Останній порівнює прийняту величину сигналу з мінімально-допустимим та максимально-допустимим еталонним значенням, яке задається при налаштуванні АЛЛЗ на роботу. В разі, якщо отриманий сигнал перевищує межі блок 14 формує відповідний сигнал індикації на вході процесорного блоку аналізу 15, який формує команди керування і подає їх на вхід блоку передавальної антени 13. Блок антени направленої дії 13 перетворює прийнятий електричний сигнал в радіосигнал, який передається на передавальну станцію АЛЛЗ по радіоканалу. Блок 16 при потраплянні на нього корисного інформаційного сигналу виконує фільтрацію від фонових та інших шумів, що виникають в каналі передачі. Фільтрація виконується смуговим фільтром відповідно у вузькому діапазоні (смугі частот), після чого відфільтрований корисний сигнал потрапляє на блок 17, в якому попередньо демодулюється, підсилюється до заданого рівня і дешифрується блоком дешифрування 18. Після чого відтворений у відповідності з вхідною формою (при вході в АЛЛЗ) сигнал подається до блоку узгодження із зовнішньою мережею 19, який виконує узгодження за відповідним рівнем. Блок амплітудного підсилення крім підсилення величини амплітуди сигналу, виконує його відокремлення, шляхом накладання з сигналом від блоку генератора проміжної частоти 12. Контроль амплітуди прийнятого фотодетектором 10 сигналу здійснюється через визначений алгоритмом проміжок часу Δt , періодично. При помірному рівні оптичних втрат, алгоритмом роботи процесорного блоку аналізу 15 передбачений певний оптимальний режим роботи. Робота в оптимальному режимі передбачає знаходження робочої точки оптичної потужності лазерного джерела в такому положенні, в якому при різкій зміні величини втрат сигналу в атмосфері, сигнал на фотодетекторі 10 можливо відновити без значного збільшення BER. На графіку (див Фіг.2) зображено принцип керування потужністю випромінювання лазерного передавача. При збільшенні пропускання ($\tau_A(\lambda) \rightarrow 1$), де, $\tau_A(\lambda)$ - величина коефіцієнту пропускання система зменшує оптичну потужність

