

ПОБУДОВА ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АМПЛІТУДНОЇ МОДУЛЯЦІЇ БАГАТЬОХ СКЛАДОВИХ

Д. т. н. І. В. Горбатий, Д. І. Балан

Національний університет «Львівська політехніка»
Україна, м. Львів
giv@polynet.lviv.ua, diana.balan.mtr.2019@lpnu.ua

Розглянуто амплітудну модуляцію багатьох складових (АМБС), яку можна активно використовувати у сучасних бездротових телекомунікаційних системах. Встановлено, що АМБС підвищує спектральну та інформаційну ефективність телекомунікаційних систем у порівнянні з використанням відомих типів амплітудно-фазової модуляції. Розглянуто три варіанти побудови передавача бездротової телекомунікаційної системи на основі АМБС та досліджено їхні показники надійності.

Ключові слова: амплітудна модуляція багатьох складових, надійність, технічна ефективність, телекомунікаційна система.

Одними з основних характеристик цифрової телекомунікаційної системи, що необхідно врахувати при її проектуванні, вважають імовірність помилки при передаванні даних та швидкість передавання даних. Важливим питанням залишається підвищення ефективності та завадозахищеності безпроводових телекомунікаційних систем при застосуванні різноманітних методів модуляції та кодування сигналу. У [1, 2] детально розглянуто відомі та нові високоефективні різновиди модуляції сигналу, зокрема амплітудна модуляція багатьох складових (АМБС). Актуальність обраної теми підтверджується необхідністю визначення найбільш доречної (з точки зору надійності) структури телекомунікаційної системи при застосуванні АМБС.

Метою цієї роботи є розробка структурної схеми передавального пристрою телекомунікаційної системи, що характеризується високою ефективністю та надійністю при передаванні даних. Розглянуто кілька варіантів структурних схем макетів передавального пристрою. У загальному випадку ці пристрої містять три основних складових частини: програмну, цифрову та аналогову.

Принцип роботи передавального пристрою, виконаного згідно з варіантом 1, наступний. Програмна частина у вигляді програмного забезпечення, встановленого на комп'ютері, перетворює файл даних, який необхідно передати, у три файли, що містять байти, які задають значення амплітуд модулюючих сигналів на входах каналів модулятора АМБС на кожному інформаційному такті. Сформовані програмною частиною файли передаються на PSoC-програмовану систему на кристалі із процесорним ядром та модулями аналогової та цифрової обробки сигналів. На кожен ЦАП передається уже сформований байт на відповідному інформаційному такті. В результаті на виході буде отримано аналогову напругу певного рівня, що на конкретному інформаційному такті визначає рівень модулюючого сигналу. Сформовані послідовності прямокутних імпульсів передаються на аналогову частину, де за допомогою системи з перемножувачів, фазообертачів та фільтрів нижніх частот формують сумарний високочастотний сигнал, який передається на антену. Крім того, до складу цифрової частини входить ще одна плата PSoC, що відповідає за керування режимами роботи аналогової частини за допомогою команд із програмної частини (комп'ютера).

У системі передавального пристрою, виконаного згідно з варіантом 2, передбачається загальне структурне резервування ідентичною системою для забезпечення відмовостійкості. Наявні два комплекти цифрової та аналогової частин. Таке резервування характеризується високою вартістю та низькою надійністю. При виході з ладу будь-якого елемента основної системи на місце несправної частини підключають резервну. Загальний принцип роботи такий самий, як у передавального пристрою, виконаного згідно з варіантом 1.

Структурна схема передавального пристрою, виконаного згідно з варіантом 3, забезпечує роздільне резервування та навантажений резерв цифрової, аналогової частин і містить комплексну сис-

тему контролю. Загальний принцип роботи такий самий, як у варіанті 1. Особливість цієї системи полягає у наявності чотириканальної аналогової частини та, відповідно, чотирьох каналів цифрової частини. Оскільки для нормальної роботи наведеної структури необхідна наявність трьох каналів, то один канал у цьому випадку вважається резервним. Тим самим забезпечується відмовостійкість досліджуваного передавального та приймального пристроїв. Така побудова дає можливість значно зекономити ресурси у порівнянні із попереднім варіантом побудови. Наведена конфігурація системи вважається досить багатофункціональною.

Для комплексного аналізу структурних схем надійності багатокомпонентних технічних систем використовуємо спеціалізований програмний засіб Viper. Цей програмний модуль, призначений для автоматизації розв'язання системи диференціальних рівнянь Колмогорова — Чепмена, дозволяє у два-три рази швидше, у порівнянні з програмними додатками із використанням API-функцій, опрацьовувати дані великих об'ємів, а також дає змогу візуалізувати отримані результати [3]. У таблиці представлено отримані показники надійності кожного з розглянутих варіантів пристроїв на проміжку часу 30000 год ($\overline{Tб.р.}$, $\overline{Рб.р.}$ — відповідно, середня тривалість та імовірність безвідмовної роботи до першої відмови системи).

Надійність побудованих за різними структурними схемами передавальних пристроїв протягом 30000 годин

Варіант побудови	$\overline{Tб.р.}$, год	$\overline{Рб.р.}$, %
I	9502	38
II	14628	45
III	18374	54

Отже, найбільшого значення тривалості безвідмовної роботи досягнуто для варіанта 3 передавального пристрою. Використане тут резервування у вигляді додаткового каналу між цифровою та аналоговою частинами системи забезпечує відмовостійкість. Крім того, відновлення складових елементів розглянутої системи, яке у роботі не розглядалось, також здатне значно підвищити отримані показники надійності [4].

Таким чином, аналіз отриманих результатів свідчить, що оптимальною для виготовлення та впровадження у виробництво є телекомунікаційна система з передавальним пристроєм, виконаним згідно з варіантом 3. Використання амплітудної модуляції багатьох складових, що характеризується високою частотною та інформаційною ефективністю і, своєю чергою, дає можливість забезпечити найвищий показник ефективності при передаванні даних.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Горбатий І.В., Чорний М.Б. Високоєфективна телекомунікаційна система на основі амплітудної модуляції багатьох складових. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Радіоелектроніка та телекомунікації*, 2018, № 909, с. 23–28.
2. Климаш М.М., Горбатий І.В. Теоретичні дослідження ймовірності помилки в телекомунікаційних системах та мережах при використанні фазової або амплітудно-фазової модуляції сигналу. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*, 2014, № 1, с. 23–30.
3. Горбатий І.В., Балан Д.І. Аналіз засобів надійнісного проектування телекомунікаційних систем. *Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: тези доп. Х ювілейної міжнар. наук.-практ. конф.*, Україна, м. Запоріжжя, 2020, с. 21–22.
4. Bobalo Y., Nedostup L., Kiselychnyk M., Melen M. Problems of adequate modelling of radio electronic device parameter distributions. *2016 17th International Conference Computational Problems of Electrical Engineering*, Poland, Sandomierz, 2016, pp. 1–3.

I. V. Horbatiy, D. I. Balan

Design of telecommunication system transmission device using amplitude modulation of many components

The article considers the amplitude modulation of many components (AMMC), which can be actively used in modern wireless telecommunication systems. It was found that AMMC increases the spectral and information efficiency of a telecommunication system compared to the use of known types of amplitude-phase modulation. Three design variants of the transmitter for the wireless telecommunication system based on AMMC are considered and their reliability indicators are investigated.

Keywords: amplitude modulation of many components, reliability, technical efficiency, telecommunication system.