

ПЕРЕШКОДИ ЗА СУСІДНИМИ ЧАСТОТНИМИ КАНАЛАМИ В СИСТЕМІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ GSM

Основним принципом побудови стільникової системи зв'язку із FDMA є повторне використання частот, що визначає ефективне використання виділеного частотного діапазону і високу ємність мережі. Для модуляції радіосигналу у стандарті GSM використовується спектрально-ефективна гауссова частотна маніпуляція з мінімальним частотним зсувом – GMSK. Попередня гауссова фільтрація дозволяє значно збільшити швидкість спадання спектра GMSK сигналу, порівняно з сигналом MSK. При цьому, як і при інших видах модуляції, можлива поява на вході приймача випромінювань не лише від базових станцій, які працюють на частотах, що збігаються, а також і від базових станцій, що працюють на сусідніх частотних каналах, що може погіршити якість зв'язку. Тому важливу роль у вирішенні проблеми зменшення взаємних перешкод між каналами зв'язку стандарту GSM відіграє правильно розроблений частотно-територіальний план. При його побудові необхідно, з одного боку, забезпечити потрібний рівень сигналу на вході приймача, а з іншого – мінімальний рівень перешкод між частотними каналами. У роботі наводяться результати розрахунків співвідношення сигнал/перешкода на вході приймача як базової, так і рухомої станцій. Показано, що найбільш ефективний метод зменшення перешкод між частотними каналами – це застосування секторних антен. Аналіз даних, що отримані за результатами розрахунків, показав, що найбільший вплив на роботу каналу зв'язку спостерігається лише за максимального наближення до рухомої станції базових станцій, що працюють на сусідніх частотних каналах. Отже при здійсненні частотно-територіального планування доцільно підбирати групи частот у відповідних стільниках таким чином, щоб на вхід приймача рухомої станції мав змогу надходити сигнал не більше ніж від однієї базової станції найближчого стільника, що працює на сусідній частоті. З іншого боку, для забезпечення прийняттого значення відношення сигнал/перешкода на вході приймача базової станції бажано взагалі виключити можливість потрапляння сигналів базових станцій, що працюють на сусідніх частотних каналах в одному кластері.

Ключові слова: мобільна система зв'язку; перешкода за сусіднім частотним каналом; частотно-територіальний план.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Найбільш поширеним стандартом мобільної системи зв'язку на сьогоднішній день є цифровий стандарт GSM, що для розділення каналів використовує метод FDMA-TDMA. Ефективне використання частотного ресурсу досягається шляхом розподілу груп частот між стільниками та їх повторним використання при організації мережі. Рознесення частот між сусідніми частотними каналами зв'язку складає 200 кГц. Використання додатково часового ущільнення дозволяє на одній несучій частоті розмістити 8 мовних каналів одночасно [4].

Для модуляції радіосигналу використовується спектрально-ефективна гауссова частотна маніпуляція з мінімальним частотним зсувом – GMSK. При цьому, як і при інших видах модуляції, можлива поява на вході приймача випромінювань не лише від базових станцій (БС), що працюють на частотах, що збігаються, а також і від БС, що працюють на сусідніх частотних каналах, що може погіршити якість зв'язку. Тому важливу роль у вирішенні проблеми зменшення взаємних перешкод між каналами зв'язку стандарту GSM грає правильно розроблений частотно-територіальний план (ЧТП). При його побудові необхідно, з одного боку, забезпечити потрібний рівень сигналу на вході приймача, а з іншого – мінімальний рівень перешкод між частотними каналами.

Аналіз основних досліджень, у яких започатковане розв'язання проблеми. Питанням побудови та проектування цифрових систем мобільного зв'язку присвячена значна кількість робіт. Наприклад, у роботах [1, 6, 7] ретельно аналізуються питання розповсюдження

радіохвиль у системах мобільного зв'язку та наводиться методика планування мережі з урахуванням перешкод на частотах, що збігаються. Також у [6] аналізується питання виникнення перешкод при роботі на сусідніх частотних каналах двох мобільних станцій (МС) у одному стільнику. У роботі [3] проведене експериментальне дослідження міжсистемних завад у стільникових мережах стандарту GSM-900.

У [8] проведена оцінка значення відношення сигнал/перешкода Q на вході мобільної станції, що обумовлене роботою на частотах, що збігаються, БС у різних стільниках, в умовах відсутності прямої видимості, а також викладений загальний підхід до визначення впливу на цей показник випромінювань на сусідніх частотних каналах. У [9–11] проведена оцінка відношення сигнал/перешкода на вході МС з урахуванням можливого випромінювання на сусідніх частотних каналах, але лише за наявності прямої видимості між елементами системи, що не завжди виконується на практиці [7].

Отже метою статті є оцінка можливого погіршення відношення сигнал/перешкода на вході приймача як МС, так і БС через випромінювання базових станцій, що працюють як на частотах, що збігаються, так і на сусідніх частотних каналах.

Викладення основного матеріалу. Для оцінки впливу параметрів модуляції сигналу мобільної системи стандарту GSM на показники якості зв'язку будемо розглядати варіант використання кластеру із розмірністю $N = 7$ (рис. 1). Цифрами 1–7 позначені стільники, що використовують однакові групи частот. Припустимо, що МС знаходиться на межі стільника із номером 1, а радіус стільника R . При умові, що пряма видимість не забезпечується, будемо вважати, що потужність сигналу на вході МС зворотно пропорційна дальності МС–БС у четвертому ступені [7, 8]. Відстань між базовими станціями D визначається розмірністю кластеру і радіусом стільника $D = \sqrt{3NR}$ [8]. Отже відношення сигнал/перешкода на вході МС, з урахуванням випромінювання БС на частотах, що збігаються, можна визначити згідно з виразом [8]:

$$Q = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2D^{-4} + 2(D+R)^{-4}}. \quad (1)$$

Враховуючи, що $D/R = \sqrt{3N}$, (1) перетворимо наступним чином:

$$Q = \frac{1}{2(\sqrt{3N}-1)^{-4} + 2(\sqrt{3N})^{-4} + 2(\sqrt{3N}+1)^{-4}} = 17,3 \text{ дБ}. \quad (2)$$

Отримане згідно з (2) значення Q суттєво перевищує гранично необхідне для забезпечення якісного зв'язку, що становить 9 дБ [1].

Для оцінки можливого погіршення відношення сигнал/перешкода на вході МС через вплив випромінювань БС на сусідніх частотних каналах, скористаємось практично вимірними значеннями спектральної щільності потужності сигналів з GMSK [8], що наведені на рисунку 2. Смуга частот, що займається GMSK-сигналом, залежить від значення добутку ширини смуги B попереднього фільтру Гаусса та тривалості біта T , яка у стандарті GSM дорівнює 3,69 мкс. Враховуючи ширину смуги пропускання типового вибіркового фільтру приймача МС за рівнем -3 дБ, можна визначити, що цьому рівню відповідає різниця частот між основним f_0 та сусіднім f_1 частотними каналами $|f_1 - f_0| = 100 \text{ кГц}$ [6]. Тоді, враховуючи те, що для системи GSM добуток $BT = 0,3$ [2], послаблення рівня потужності сигналу, що випромінюється на частоті f_1 , порівняно з випромінюванням на основній частоті f_0 , буде складати приблизно 10 дБ.

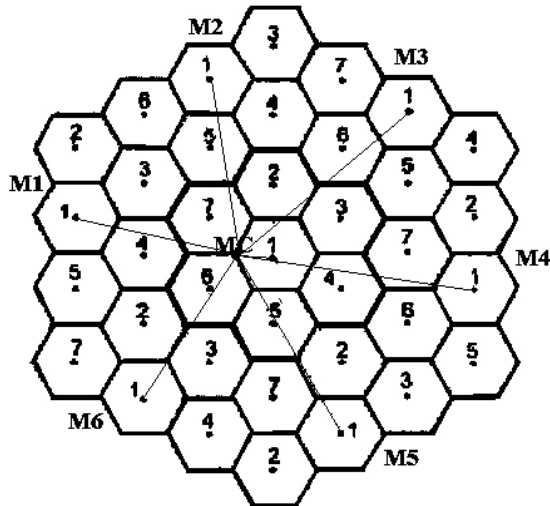


Рис.1.

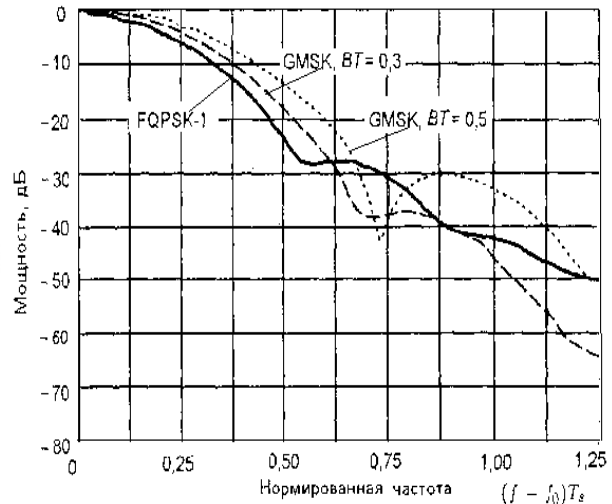


Рис.2.

Нехай випромінювання на сусідніх частотних каналах у центральному кластері відбувається на БС, що розташовані у стільниках з номерами 2 та 5. Тоді відношення сигнал/перешкода на вході МС Q_{Σ} , з урахуванням випромінювання на сусідніх частотних каналах, складе:

$$Q_{\Sigma} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2D^{-4} + 2(D+R)^{-4} + (\sqrt{5}R)^{-4}/5} = 15,7 \text{ дБ.} \quad (3)$$

Найгіршим випадком є випромінювання на сусідніх частотних каналах БС з номерами 6 та 7, що безпосередньо примикають до МС у центральному кластері. Для даного випадку розрахункове значення відношення сигнал/перешкода Q_{Σ} на вході МС становить:

$$Q_{\Sigma} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2D^{-4} + 2(D+R)^{-4} + R^{-4}/5} = 6,6 \text{ дБ.} \quad (4)$$

У той же час, якщо на вході приймача МС присутнім є лише один з сигналів БС стільників, що примикають до МС, то значення Q_{Σ} складе:

$$Q_{\Sigma} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2D^{-4} + 2(D+R)^{-4} + R^{-4}/10} = 9,3 \text{ дБ.} \quad (5)$$

Якщо за частотно-територіального планування забезпечується надходження на вхід МС одночасно сигналів БС з номерами 2 та 6, або 5 та 7, то значення Q_{Σ} суттєво не зміниться:

$$Q_{\Sigma} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2D^{-4} + 2(D+R)^{-4} + (R^{-4} + (\sqrt{5}R)^{-4})/10} = 9,2 \text{ дБ.} \quad (6)$$

Аналіз даних, що отримані за результатами розрахунків згідно з (3)–(6), показує, що значення Q_{Σ} перевищує гранично необхідне для забезпечення якісного зв'язку у всіх випадках, крім випромінювання на сусідніх частотних каналах БС, що безпосередньо примикають до МС у центральному кластері. Отже при здійсненні ЧТП необхідно таким чином підібрати групи частот у відповідних стільниках, щоб на вхід приймача МС мав змогу надходити сигнал не більше ніж від однієї БС найближчого стільника, що працює на сусідній частоті.

Крім того, у сучасних мережах мобільного зв'язку БС використовують три антени, діаграми спрямованості яких мають ширину за рівнем половинної потужності 120° [5]. При правильному розташуванні антен БС це додатково сприяє виконанню вказаної умови. Очевидно, що при використанні спрямованих антен на вхід приймача МС буде також надходити не більше двох сигналів БС, що працюють на частотах, що збігаються. Нехай МС приймає випромінювання від БС М1 та М6, що працюють на частотах, що збігаються, та від БС з номером 6, що працює на сусідньому частотному каналі із БС центрального стільника. Тоді відношення сигнал/перешкода на вході МС Q_{Σ} складе:

$$Q_{\Sigma} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + R^{-4}/10} = 9,6 \text{ дБ.} \quad (7)$$

Порівнюючи значення, що отримані згідно з (5) та (7), можливо зробити висновок про деяке покращення умов зв'язку.

Визначимо для цього випадку відношення сигнал/перешкода на вході БС центрального стільника. Нехай максимальна потужність, що випромінює МС, складає $P_{MC} = 2$ Вт, а потужність передавача БС – $P_{BC} = 5$ Вт, коефіцієнт підсилення антени БС $G_{BC} = 6$ дБд, а антени МС – $G_{MC} = 0$ дБд. Тоді значення Q_{Σ} на вході БС складе:

$$Q_{\Sigma} = \frac{R^{-4}}{2(D)^{-4} + (2R)^{-4}/10} + P_{MC} - P_{BC} + G_{MC} - G_{BC} = 9,7 \text{ дБ},$$

що забезпечить необхідну якість зв'язку. Однак збільшення потужності, що випромінюється базовою станцією, яка працює на сусідньому частотному каналі, призведе до зменшення відношення сигнал/перешкода на вході БС нижче граничного рівня. Якщо ж на вхід приймача БС не будуть надходити сигнали базових станцій, що працюють на сусідніх частотних каналах, то відношення сигнал/перешкода на вході БС складе 13,4 дБ.

Висновки. Аналіз даних, що отримані за результатами розрахунків, показав, що найбільший вплив на роботу каналу зв'язку спостерігається лише при максимальному наближенні до МС базових станцій, що працюють на сусідніх частотних каналах. Отже при здійсненні ЧТП доцільно підбирати групи частот у відповідних стільниках таким чином, щоб на вхід приймача МС мав змогу надходити сигнал не більше ніж від однієї БС найближчого стільника, що працює на сусідній частоті. З іншого боку, для забезпечення прийнятної значення відношення сигнал/перешкода на вході приймача БС бажано взагалі виключити можливість потрапляння сигналів базових станцій, що працюють на сусідніх частотних каналах.

Список використаної літератури:

1. Бабков В.Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование / В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, П.А. Михайлов. – М. : Горячая линия–Телеком, 2007. – 224 с.
2. Берлин А.Н. Цифровые сотовые системы связи / А.Н. Берлин. – М. : ЭКО–ТРЕНДЗ, 2007. – 296 с.
3. Береснев А.В. Экспериментальное исследование влияния радиотелефонов диапазона 900 МГц на качество связи в сотовых системах стандарта GSM-900 / А.В. Береснев, А.В. Долженко, Б.С. Ерыпалов // Журнал радиоэлектроники : электронный журнал. –2004. – № 10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www/URL: http://jre.cplire.ru/koi/oct04/1/text.html](http://jre.cplire.ru/koi/oct04/1/text.html).
4. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи / Ю.А. Громаков. – М. : ЭКО–ТРЕНДЗ, 1998. – 240 с.
5. Системы мобильной связи : учеб. пособие / В.И. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов и др. – М. : Горячая линия–Телеком, 2003. – 272 с.
6. Маковеева М.М. Системы связи с подвижными объектами : учеб. пособие / М.М. Маковеева, Ю.С. Шинаков. – М. : Радио и связь, 2002. – 440 с.
7. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM / В.И. Попов. – М. : ЭКО–ТРЕНДЗ, 2005. – 296 с.
8. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра / К.Феер ; пер. с англ. ; под ред. В.И. Журавлева. – М. : Радио и связь, 2000. – 520 с.
9. Рихальський О.Р. Методика оцінки впливу параметрів модуляції сигналу мобільної системи стандарту GSM на показники якості зв'язку / О.Р. Рихальський // Вісник ЖДТУ. – Житомир : ЖДТУ, 2013. – № 1(64). – С. 80–87.
10. Рихальський О.Р. Оцінка впливу діаграми спрямованості антени на якість передачі інформації в системі рухомого зв'язку стандарту GSM / О.Р. Рихальський // Зб. наук. праць ЖВІНАУ. – Житомир : ЖВІНАУ, 2013. – № 8. – С. 122–135.
11. Рихальський О.Р. Оцінка впливу параметрів модуляції сигналу в системі рухомого зв'язку стандарту GSM на показники якості зв'язку / О.Р. Рихальський // Зб. наук. праць ЖВІДУТ. – Житомир : ЖВІДУТ, 2014. – № 9. – С. 72–84.

АНДРЕЄВ Олександр Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри радіотехніки, радіоелектронних апаратів і телекомунікацій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– інформаційно-вимірювальні системи.

E-mail: Oleks.Andreyev@gmail.com

Андреев О.В. Перешкоди за сусідніми частотними каналами в системі мобільного зв'язку стандарту GSM

Андреев А.В. Помехи соседних частотных каналов в системе мобильной связи стандарта GSM

Andreyev O.V. Interference to adjacent frequency channels in the system of mobile communication of GSM standard.

УДК 621.396.4

Помехи соседних частотных каналов в системе мобильной связи стандарта GSM / А.В. Андреев

Основным принципом построения сотовой системы связи с FDMA является повторное использование частот, что обеспечивает эффективное использование выделенного частотного диапазона и высокую емкость сети. Для модуляции радиосигнала в стандарте GSM используется спектрально-эффективная гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом – GMSK. Предварительная гауссовская фильтрация позволяет значительно увеличить скорость спада спектра GMSK сигнала по сравнению с сигналом MSK. При этом, как и при других видах модуляции, возможно появление на входе приемника излучения не только от базовых станций, работающих на совпадающих частотах, а также и от базовых станций, работающих на соседних частотных каналах, что может ухудшить качество связи и привести к уменьшению емкости сети. Поэтому важную роль в решении проблемы уменьшения взаимных помех между каналами связи стандарта GSM играет правильно разработанный частотно-территориальный план. При построении этого плана необходимо с одной стороны обеспечить нужный уровень сигнала на входе приемника, а с другой – минимальный уровень помех между частотными каналами. В работе приводятся результаты расчетов соотношения сигнал/помеха на входе приемника, как базовой, так и подвижной станций. Показано, что наиболее эффективным методом уменьшения внутрисистемных помех является применение секторных антенн. Анализ полученных результатов показал, что наибольшее влияние на работу канала связи наблюдается при максимальном приближении к подвижной станции базовых станций, работающих на соседних частотных каналах. Поэтому при частотно-территориальном планировании целесообразно так подбирать группы частот в соответствующих сотах, чтобы на вход приемника подвижной станции поступал сигнал не более чем от одной ближайшей базовой станции, работающей на соседней частоте. С другой стороны, для обеспечения приемлемого значения отношения сигнал/помеха на входе приемника базовой станции, желательно вообще исключить возможность попадания на вход приемника базовой станции сигналов от базовых станций одного кластера, работающих на соседних частотных каналах.

УДК 621.396.4

Interference to adjacent frequency channels in the system of mobile communication of GSM standard / O.V. Andreyev

The basic principle for the construction of cellular communication system with FDMA is reuse frequency that makes efficient use of the selected frequency range and higher capacity network. For modulation the RF signal in the GSM standard is used spectrally efficient Gaussian frequency shift keying with a minimum frequency shift - GMSK. However, as in other types of modulation at the receiver input may be the radiation not only from the base stations with matching frequencies, and also from base stations operating on adjacent frequency channels, which may degrade the communication quality. The important role in solving the problem of reducing the interference between channels of GSM plays properly designed frequency-territorial plan. In constructing the plan is necessary to provide the desired signal level at the receiver input, and also the minimum level of interference between frequency channels. The article presents the results of calculations signal/noise ratio at the receiver input a base and mobile stations. It is shown that the most effective method to reducing system interference is the use of sector antennas. Analysis of the results showed that the greatest impact on the operation of the communication channel is observed only in the case of finding the mobile station near the base stations operating on the adjacent frequency channels. The frequency-territorial plan must to provide the frequencies selection in the respective cells so that the receiver input of the mobile station can come the signal is not more than from one the base station which operating on the adjacent frequency channel in the cluster. To ensure an acceptable value of the signal / noise ratio at the receiver input of the base station is desirable to eliminate the possibility of receiving signals the adjacent frequency channels of the base stations in the cluster.

Keywords: