

БАГАТОЕЛЕМЕНТА ВІБРАТОРНА АНТЕНА ЗА СТРУКТУРОЮ ЯГІ-УДА ДЛЯ ДІАПАЗОНУ ЧАСТОТ СТАНДАРТУ GSM-900

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто результати моделювання багатоеlementної вібраторної антени типу Ягі-Уда для діапазону GSM-900. Досліджено вплив геометричних параметрів елементів та їх взаємного розташування на коефіцієнт підсилення, діаграму спрямованості та узгодження антени. Отримано характеристики, що підтверджують ефективність застосування багатоеlementних структур для підвищення енергетичних параметрів антен.

Ключові слова: антена Ягі-Уда, GSM-900, вібратор, діаграма спрямованості, коефіцієнт підсилення, електромагнітне моделювання.

Abstract

The paper considers the results of modeling a multi-element vibratory antenna of the Yagi-Uda type for the GSM-900 band. The influence of the geometric parameters of the elements and their mutual arrangement on the gain coefficient, directivity pattern and antenna matching is investigated. Characteristics are obtained that confirm the effectiveness of using multi-element structures to increase the energy parameters of antennas.

Keywords: Yagi-Uda antenna, GSM-900, vibrator, radiation pattern, gain, electromagnetic modeling.

Вступ

Сучасні системи мобільного зв'язку стандарту GSM-900 (890–960 МГц) потребують використання ефективних антен з високим коефіцієнтом підсилення та вираженою спрямованістю [1]. Одним із найбільш поширених рішень є антени типу Ягі-Уда, які складаються з активного вібратора, рефлектора та набору директорів [2, 3]. Така структура забезпечує формування вузької діаграми спрямованості та підвищення енергетичної ефективності системи.

Практичні реалізації антен для GSM-900 демонструють коефіцієнт підсилення на рівні 8–15 дБі і більше залежно від кількості елементів, що підтверджує доцільність використання багатоеlementних конфігурацій [4,5]. Тому актуальним є дослідження оптимальних параметрів таких антен на основі комп'ютерного моделювання [6].

Метою роботи є моделювання хвильових параметрів і характеристик багатоеlementної вібраторної антени типу Ягі-Уда для діапазону GSM-900.

Результати дослідження

У роботі проведено електромагнітне моделювання багатоеlementної антени Ягі-Уда для середньої частоти діапазону GSM-900 (~900 МГц). Структура антени включала активний напівхвильовий вібратор, один рефлектор та декілька директорів із поступовим зменшенням довжини.

Встановлено, що довжина активного елемента становить приблизно половину довжини хвилі, тоді як рефлектор перевищує її на 5–10%, а директори є коротшими на аналогічну величину. Оптимізація відстаней між елементами ($0,1-0,25\lambda$) дозволяє досягти покращеного узгодження та спрямованості.

За результатами моделювання отримано:

- формування вираженої однобічної діаграми спрямованості;
- зменшення заднього випромінювання (високе співвідношення «вперед/назад»);
- зростання коефіцієнта підсилення зі збільшенням кількості директорів;
- прийнятні значення КСХ ($<1,5-2$), що відповідають практичним конструкціям.

Показано, що додавання директорів дозволяє підвищити підсилення до 12–15 дБ і більше, що узгоджується з відомими технічними реалізаціями GSM-антен. При цьому відбувається звуження головного пелюстка діаграми спрямованості до 25–35°, що забезпечує ефективну концентрацію енергії сигналу.

Моделювання також підтвердило, що геометрична оптимізація елементів є критичною для забезпечення широкосмуговості в межах 880–960 МГц.

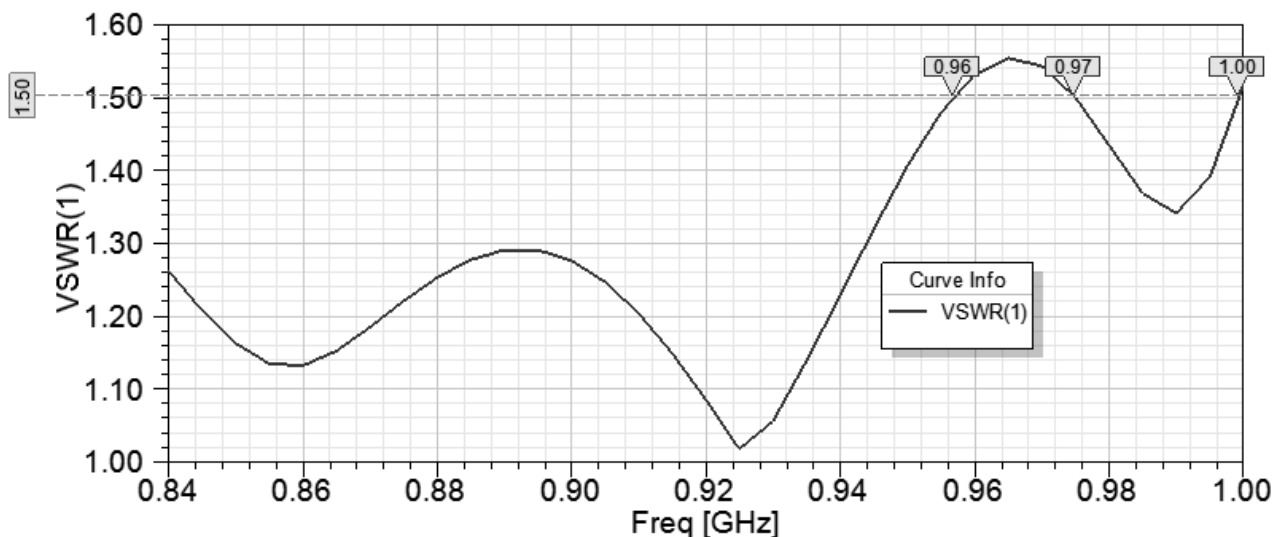


Рис. 1. Графік частотної залежності коефіцієнта стоячої хвилі

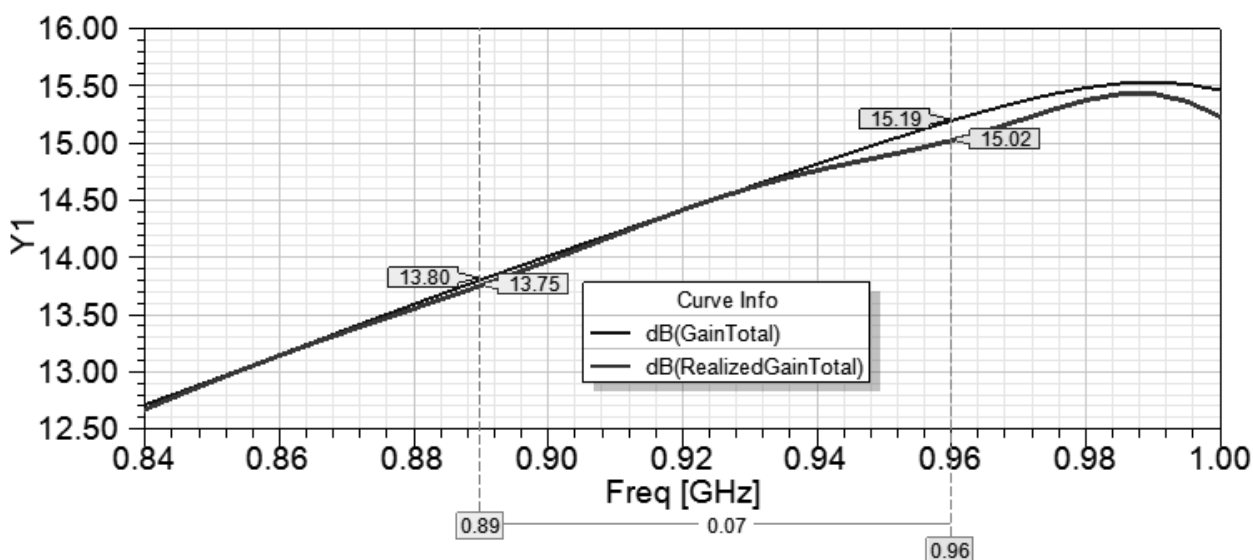


Рис. 2. Графік частотної залежності коефіцієнта підсилення антени в дБі

Висновки

У результаті проведених досліджень підтверджено ефективність використання багатoelementних антен Ягі-Уда для систем GSM-900. Встановлено, що збільшення кількості директорів приводить до зростання коефіцієнта підсилення та покращення спрямованих властивостей антени.

Отримані результати моделювання показали можливість досягнення високих енергетичних характеристик при збереженні прийнятного узгодження. Запропонована структура може бути використана для створення антен підсилення сигналу в умовах слабого покриття або значної віддаленості від базових станцій.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення робочої смуги частот та зменшення габаритів антени.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Semenov A., Semenova O., & Meulesteen S. Flexible Antenna for Cellular IoT Device. In *2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW)*, 14-18 November 2022, Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 293–298. DOI: <https://doi.org/10.1109/ukrmw58013.2022.10037036>
2. Meulesteen S., Semenov A.O., Semenova O., Koval K., Datsiuk D., Fomenko H. Cellular Lifesaving Flexible Device. Engineering (ICNBME 2021). *IFMBE Proceedings*, 2022, vol 87, pp. 382-389. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92328-0_50
3. Семенов А.О., Семенова О.О., Пінаєв Б.О., Білик О.В., Шпильовий О.О. Дослідження густини потоку електромагнітного випромінювання від елементарного електричного випромінювача у ближній та проміжних зонах. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, Том 33 (72), № 3, 2022. С. 13-19. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.3/03>
4. Semenova O., Semenov A., Meulesteen S., Kryvinska N., Pastushenko H. Intelligent matching technique for flexible antennas. *Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 14(4), 2024, pp. 16–22. DOI: <https://doi.org/10.35784/iapgos.6500>
5. Semenov A., Semenova O., Pinaiev B., Kulias R., Shpylovyyi O. Development of a flexible antenna-wristband for wearable wrist-worn infocommunication devices of the LTE standard. *Technology Audit and Production Reserves*, Vol. 3, No. 1(65), 2022, pp. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.261718>
6. Семенов А., Громик О. Дослідження спрямованих і хвильових параметрів антени поверхневих хвиль. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, (2), 2023, 125–133. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-74-16>

Семенов Андрій Олександрович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Левченко Олександр Олегович — студент групи ТКР-22б, кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail:

Дем'янишин Андрій Аркадійович — студент групи ТКР-22б, кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail:

Semenov Andrii Oleksandrovych — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Professor of the Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Levchenko Oleksandr Olegovych — student in group TKR-22b, Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email:

Demyanyshyn Andrii Arkadiyovych — student of group TKR-22b, Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: