

Системи зв'язку діапазонів наддовгих хвиль (ELF та VLF)

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження систем низькочастотного зв'язку діапазонів ELF (extra low frequency) VLF (very low frequency) та наведено конструктивні особливості побудови таких систем зв'язку.

Ключові слова: Наддовгі хвилі, ELF, VLF, Голіаф, Зевс, Seafarer, зв'язок з підводними човнами.

Abstract

A study of low frequency ranges due ELF (extra low frequency) VLF (very low frequency) and are structural features of these communication systems.

Keywords: low frequency ranges, ELF, VLF, Goliath, Zevs, Seafarer, communication with submarines.

Вступ

Наддовгі радіохвилі — радіохвилі довжиною 100–10 км (частота 3–30 кГц) і довше. Наддовгі хвилі не використовують для традиційного радіозв'язку через ряд суттєвих недоліків, одними з яких є необхідність побудови антен великого розміру, неможливість передачі широкосмугових сигналів та потреба у надпотужних передавачах. Однак вони є корисними для одностороннього зв'язку з підводними човнами, оскільки мають здатність проникати у воду на велику глибину. Зв'язок із підводними човнами на глибині за допомогою радіохвиль більшої частоти неможливий, тому що солоня морська вода є провідником і екранує електромагнітне випромінювання.

Результати дослідження

Першою радіостанцією, яка використовувала діапазон наддовгих хвиль з потужністю більше 1 МВт стала німецька станція Голіаф, побудована в місті Кальбе 1943 року. Вона використовувалась для координації дій німецьких підводних човнів та працювала в діапазоні 15 - 60 кГц, при цьому її потужність була рівною 1800 кВт. Основні радіопередачі велися телеграфом (азбукою Морзе). На частотах 30 - 60 кГц була можлива передача факсимільних повідомлень. На 45 - 60 кГц була можлива передача телефонних повідомлень [1].

Антенна радіостанції являє собою варіант антени Александерсена [2] - несиметричну реалізацію вертикального шлейф-вібратора з трьома вертикальними елементами-шлейфами (центральними щоглами), з'єднаними між собою електрично багатопроводовою квазігоризонтальною частиною («полотном»).

Для кожної з трьох центральних щогл полотно складається з шести груп провідників, що утворюють по формі шість правильних трикутників з довжиною сторони 400 м. Конструктивно полотно представляє систему сталевих тросів в рухомій алюмінієвій оболонці, з'єднаних між собою муфтами. Полотно підтримується в натязі противагами масою 6900 кг. Центральними щоглами виступають труби висотою 210 м, кінці полотна закріплені на ґратчастих щоглах висотою 170 м, розташованих у вершинах правильних шестикутників (рис.1).

Після війни станція була розібрана радянськими військами та вивезена в СРСР. У 1952 році вона була відновлена біля поселення Дружний Нижньогородської області [3].

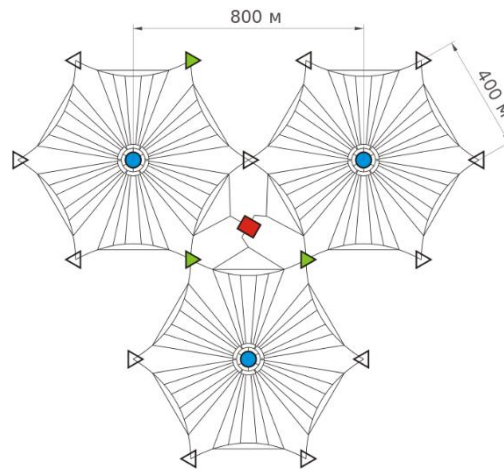


Рис. 1 Схема антени. ● – центральні щогли, Δ – ґрачтасті щогли, червоний квадрат – живлення.

У 1982 році була успішно протестована система Seafareg яка складалась з 2 передавачів, один з яких знаходився у Мічигані, інший у Вісконсіні. Передавачі могли працювати як разом, синхронно, так і окремо.

Передавальна споруда у Вісконсіні складалась з 2 перехрещених антен довжиною по 24 км кожна з передавальною станцією біля місця їх перетину (рис 2). Антена у Мічигані складалась з 3 перехрещених у формі букви F антен. Дві мали довжину по 24 км, одна 48 км. [4]

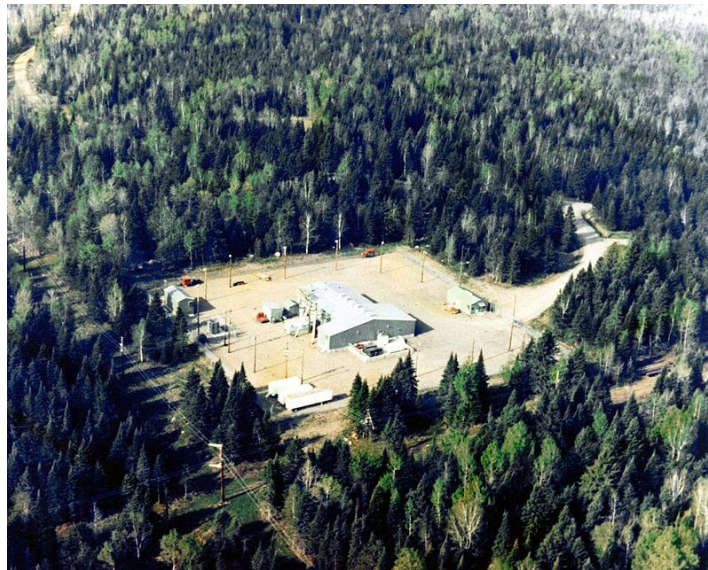


Рис. 2 Передавальна система у Вісконсіні.

Передавачі працювали на частоті в 76 Гц (довжина хвилі 3947,4 км) з можливістю використання альтернативної частоти в 45 Гц та разом споживали 2,6 МВт енергії. Система працювала цілодобово, відправляючи пусті повідомлення у той час, коли не використовувалась. Таким чином субмарині було відомо, що вона в зоні покриття передавача [5].

Через малу смугу частот передавач мав дуже низьку швидкість передачі даних (за 15 хвилин можливо було передати 3 буквену кодову групу). Тому система використовувалась виключно для передачі сигналів про підйом на поверхню для отримання інформації по звичайному радіо або спутнику.

Система була знята з бойового чергування в 2004 році через відсутність необхідності у її використанні.

У 1990 було виявлено існування іншої російської станції, яка має назву «Зевс». Вона здатна передавати сигнали на частоті 82 Гц (довжина хвилі – 3656 км) та має потужність порядку 30 МВт.

Антенною служать дві паралельні лінії електропередач довжиною 60 км кожна (рис 3), які живляться від двох свіч генераторів синусоїдальної напруги. Передавач забезпечує струм в антенах до 200 – 300 А в діапазоні частот від 20 до 200 Гц. Синусоїдальний струм в антенах може здаватися на сітці частот з кроком в 0,1 Гц. Частота задає генератора визначається системою "Гіацинт" з точністю не гірше 10^{-7} с.



Рис. 3 Супутниковий знімок станції «Зевс».

Антенна «Зевс» розташована на мурманському кристалічному блоці архейської ери. Земна кора в цьому районі відрізняється вкрай високим опором, що досягає 10^5 Ом-метрів на глибинах 10-15 км. Фактор цей сприятливий, так як забезпечує високий магнітний момент джерела «Зевса» (близько $1.5 \cdot 10^{11} \text{А} \cdot \text{м}^2$) [6].

Прийом сигналів «Зевса» здійснюється підводними човнами на буксирувану антену довжиною близько одного кілометра. З огляду на надзвичайно низьку швидкість передачі даних (один байт за кілька хвилин), система «Зевс» очевидно використовується для передачі найпростіших закодованих повідомлень, наприклад: «Піднятися до поверхні (випустити радіобуй) і прослухати повідомлення по супутниковому зв'язку».

Висновки

Отже, системи зв'язку діапазону ELF мають значні переваги в поширенні в «нестандартних» середовищах. Середовищами поширення можуть бути як іоносферний хвилевід, так і підземні та підводні канали зв'язку. До недоліків слід віднести малу швидкість передачі, великі габарити антени та велику потужність, що підводиться до антени.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Klaus Herold. Der Längstwellensender Goliath bei Calbe an der Milde von 1941 bis 1945.
2. Чурочкин Б.Г. Страницы истории войсковой части 36026 / Чурочкин Б.Г - в/ч 36026, 2008
3. Мистика низких частот. Как связаться с подводной лодкой? [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://topwar.ru/31764-kak-svyazatsya-s-podvodnoy-lodkoj.html> – Назва з екрану
4. Jones, D. L. Sending signals to submarines. / Jones, David Llanwyn // New Scientist. London: Holborn Publishing Group – February 17, 2012. – P 37–41.
5. Spinardi, G. From Polaris to Trident: the development of US Fleet ballistic missile technology. / Spinardi, Graham. // London: Cambridge Univ. Press. – January 6, 1994. –P 81–82.
6. Кононов Ю.М., Жамалетдинов А.А. Системы СНЧ-радиосвязи и мониторинга среды: перспективное направление конверсионной политики России // Кононов Ю.М., Жамалетдинов А.А. / Инфомост. – 2002. – № 3. – С 4–6

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Гринчук Владислав Вікторович — студент групи ТКп-146, факультет Інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця e-mail: vlad.hrynchuk@gmail.com

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Hrynchuk Vladyslav V. — student of Faculty for Radio Engineering, Telecommunication and Electronic Instrument Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vlad.hrynchuk@gmail.com