

ВИЗНАЧЕННЯ СПЕКТРУ ТА ПОТУЖНОСТІ СИГНАЛУ В КАНАЛАХ ПЕРЕДАЧІ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Марченко А.А., к.т.н., доцент, Матвієнко Т.О., магістрант
НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Одним з перспективних типів каналів передачі даних, що використовуються в системах управління РЕМ 0,4-10 кВ є високочастотні канали (ВЧ) по лініях електропередач (ЛЕП). Основною перевагою яких є збіг напрямків прокладених РЕМ із напрямками передачі інформації [1].

Сучасні підходи до передачі інформації по ЛЕП базуються на накладанні ВЧ сигналу на напругу промислової частоти, що присутня в ЛЕП. Сигнали, які використовуються для передачі інформації, використовують амплітудо-, фазо- та частотно-модульовані, комбіновані сигнали, а також широкополосні сигнали (ШПС), основною особливістю яких є те, що ширина полоси, яку займає сигнал співставлена з центральною частотою частотної полоси сигналу [2, 3].

Якщо є будь який пристрій або ЛЕП і відомі їх частотні характеристики, можна, задаючи сигнал на вході, отримати сигнал на виході. Для цього потрібно отримати спектр сигналу, потім розглянути, як на нього впливають частотні характеристики пристрою і тим самим отримати вихідний сигнал.

Мета роботи. Розрахунок спектру та потужності сигналу, що передається, найважливіших характеристик, що визначають коефіцієнт корисної дії передавача та якість роботи приймача системи зв'язку.

Матеріали та результати дослідження. Нехай сигнал представляється двійковою послідовністю 0,1,0,1 і т.д. Вигляд такого сигналу та відповідних йому модульованих сигналів зображено на рис. 1 [4].

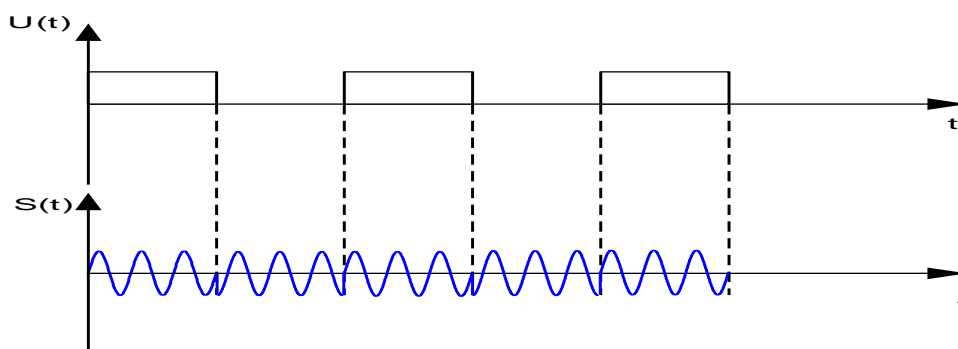


Рисунок 1 – Модульований сигнал

Розглянемо спектральні характеристики для прямокутного сигналу та синусоїдального заповнення.

Спектральна щільність – це характеристика сигналу в частотній області, що визначається прямим перетворенням Фур'є:

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \exp(-j\omega t) dt \quad (1)$$

де $S(t)$ - тимчасова функція сигналу;

ω - кутова частота, $\omega = 2\pi f$

Спектральна щільність $F(j\omega)$ - комплексна величина. Вона може бути представлена двома формами:

- Алгебраїчно

$$F(j\omega) = a(\omega) - jb(\omega) = F(\omega) \exp(j\varphi(\omega)) \quad (2)$$

$$a(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \cos(\omega t) dt \quad b(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \sin(\omega t) dt \quad (3)$$

- Показникові

$$F(\omega) = \sqrt{a^2(\omega) + b^2(\omega)} \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{b(\omega)}{a(\omega)} \quad (4)$$

Найголовніша перевага введеного інтегрального перетворення Фур'є заключається в тому, що рішення будь-якої практичної задачі може бути перенесено за допомогою спектральної щільності з часової області в частотну, і лише на завершальному етапі розрахунків знову переведено в часову область за допомогою зворотного інтегрального перетворення:

$$S(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(j\omega) \exp(j\omega t) d\omega \quad (5)$$

Аналітичний запис прямокутного сигналу в часовій області має вигляд:

$$U_1(t) = \begin{cases} h, & \text{если } 0 \leq t \leq \tau, \\ 0, & \text{если } t < 0 \text{ и } t > \tau, \end{cases}$$

Де $h=1$ В, $\tau=0,3$ мс.

Графік часової характеристики сигналу представлений на рис. 2.

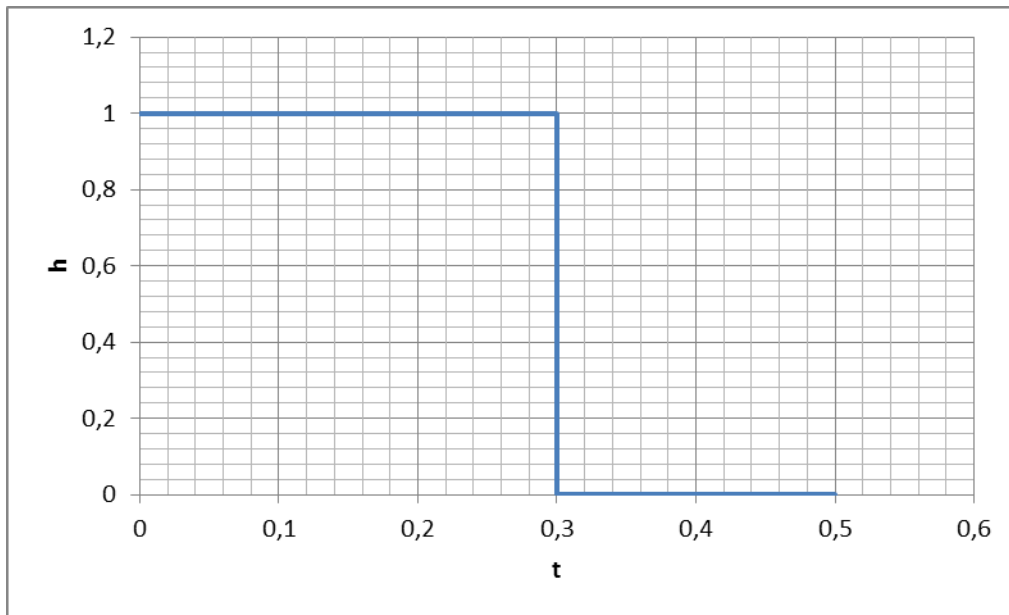


Рисунок 2 – Часова характеристика сигналу

Аналітичний запис спектральної характеристики сигналу має вид:

$$S_1(j\omega) = \frac{h}{\omega} (\sin \omega\tau - j(1 - \cos \omega\tau)) \quad (6)$$

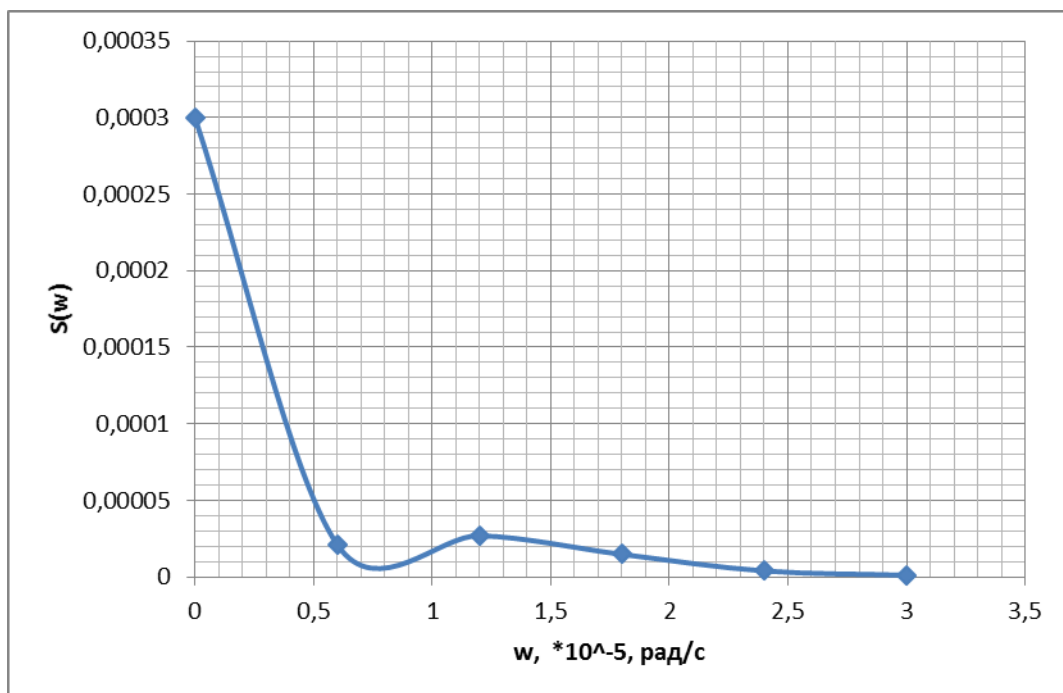


Рисунок 3 – Спектр сигналу

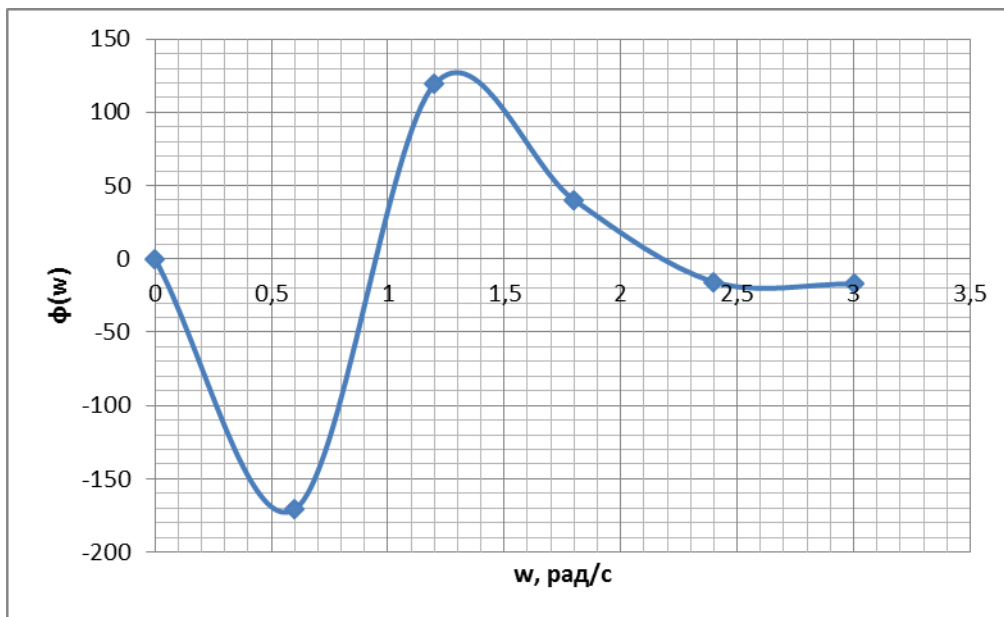


Рисунок 4 – Фаза сигналу

Показники потужностей сигналів – найважливіші характеристики, що визначають коефіцієнт корисної дії і якість роботи приймача системи зв'язку. Оскільки існує два види представлення сигналів – часове та спектральне, то дані показники можна визначити двома способами.

Якщо сигнал періодичний, то його середня потужність за період T :

$$P_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt \quad (7)$$

Спектральне представлення сигналу дозволило визначити ці ж енергетичні характеристики по спектрам сигналів за допомогою рівностей Парсеваля:

$$P_{cp} = \frac{A_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{A_n}{2} \right)^2 \quad (8)$$

де $A_0/2$ - постійна складова сигналу;

A_n - амплітуда n -ї гармоніки.

Знак « ∞ » означає, що в створенні потужності бере участь нескінченний спектр частот. Якщо знак « ∞ » змінити на скінченну величину n , то отримаємо тільки частину потужності сигналу. Цим способом можна скористатися при обмеженні спектрів сигналів.

Знайдемо повну потужність для сигналу, використовуючи формулу (7).

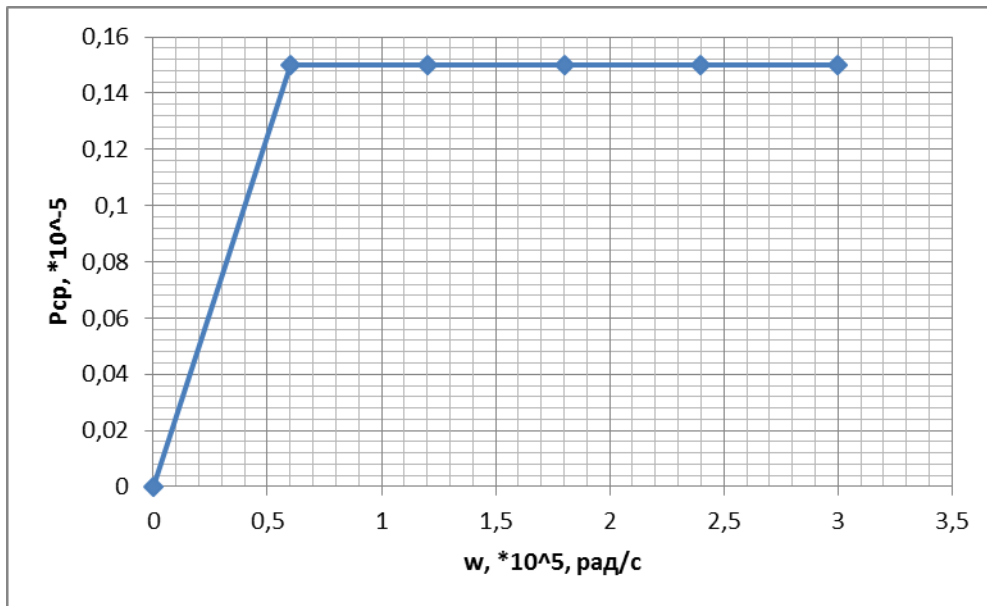


Рисунок 5 – Потужність сигналу

Аналітичний запис спектральної характеристики синусоїдального сигналу має вигляд:

$$S_2(j\omega) = \frac{h\pi\tau}{2} \cdot \frac{\exp(-j\omega\tau/2) \cos(\omega\tau/2)}{(\pi/2)^2 - (\omega\tau/2)^2}$$

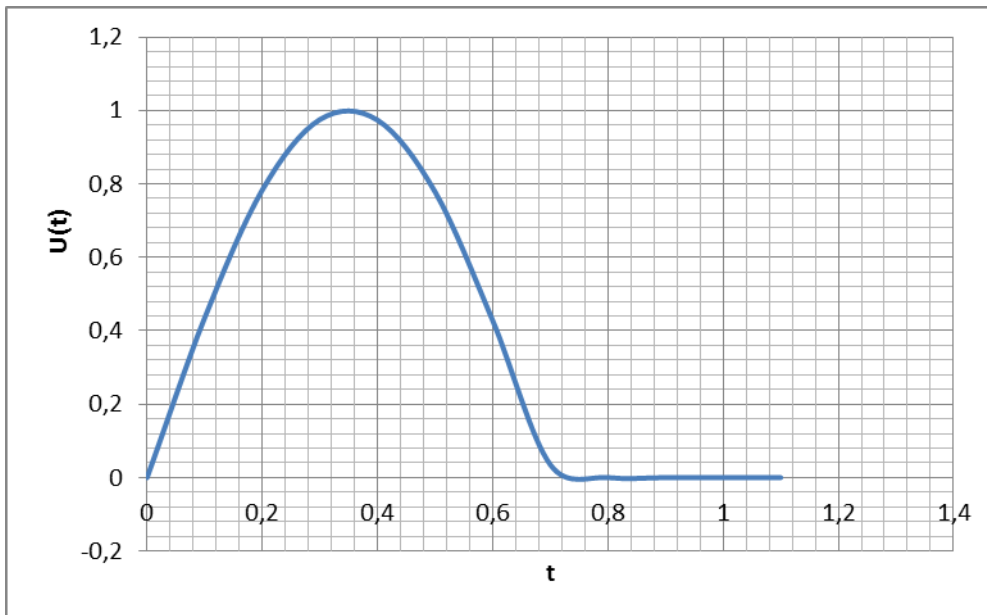


Рисунок 6 – Часова характеристика сигналу

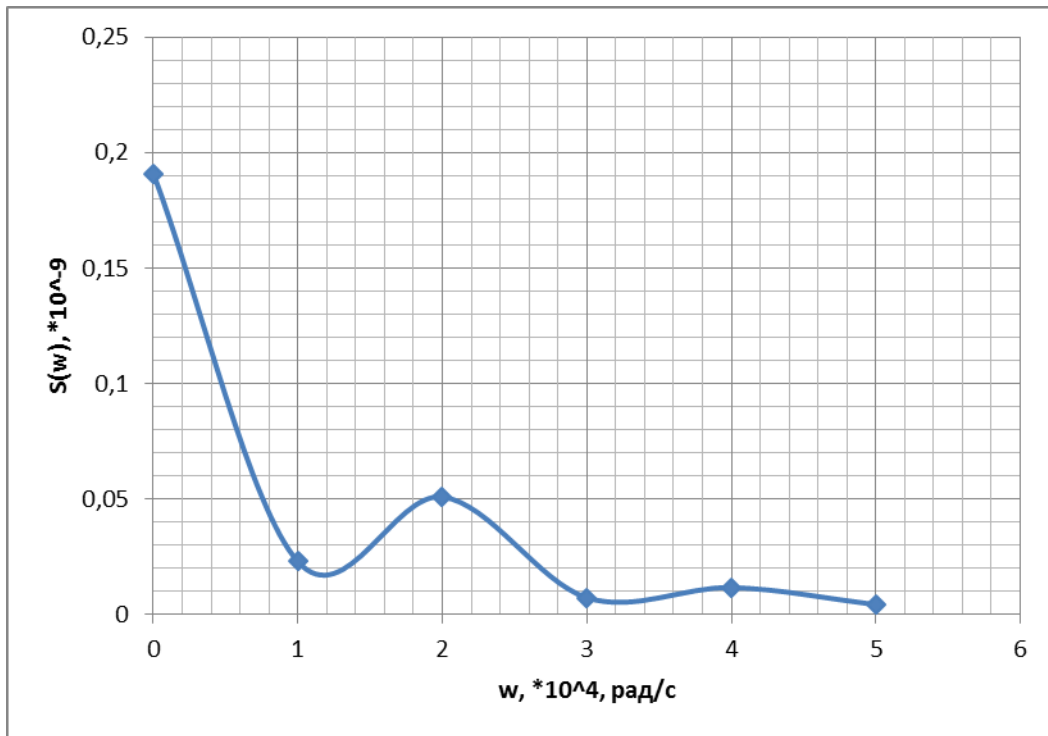


Рисунок 7 – Спектр сигнала

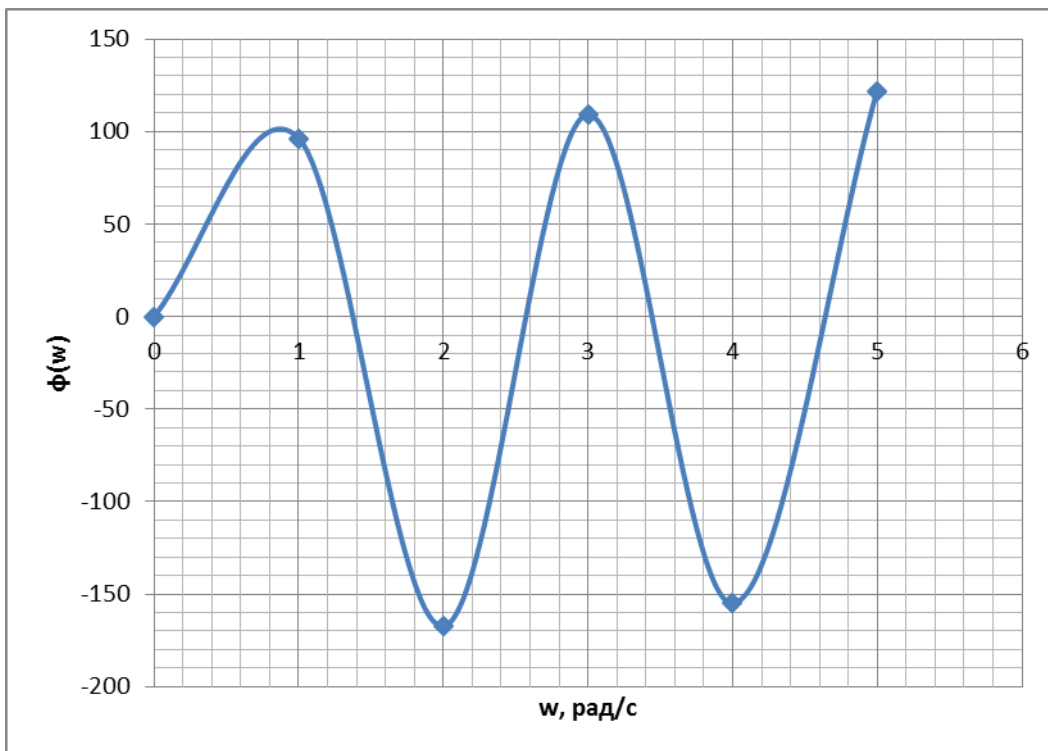


Рисунок 8 – Фаза спектру

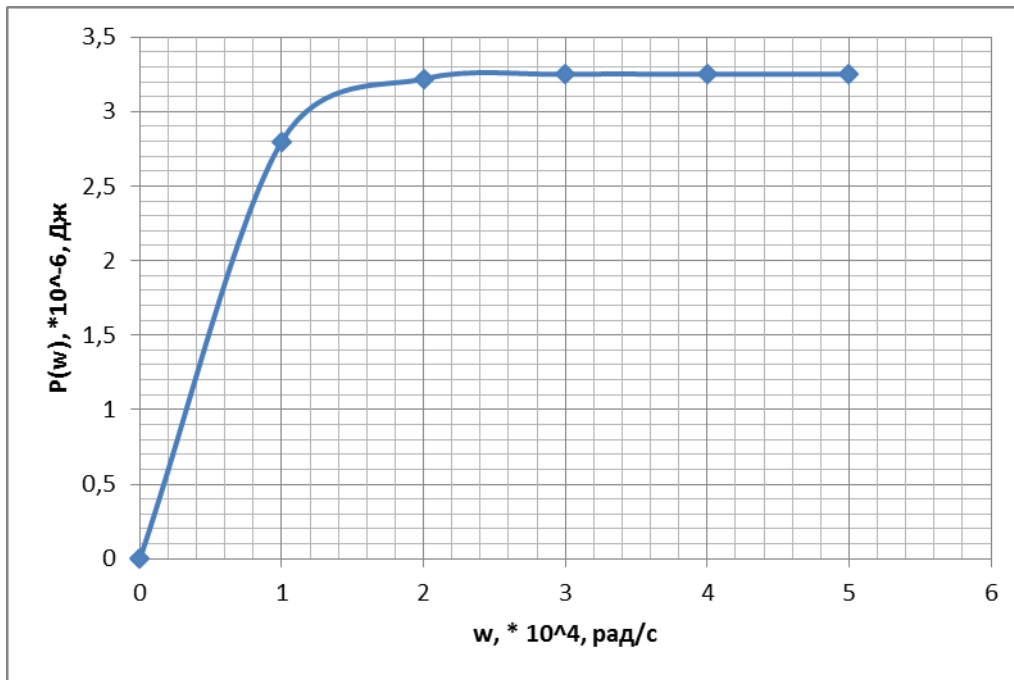


Рисунок 9 – Потужність сигналу

Висновки: В ході досліджень було проведено розрахунок спектру сигналу, що передається, та розрахована потужність сигналу передачі. Результати можна використати в подальших дослідженнях при створенні нових систем передачі інформації, що використовуються в системах управління розподільними електричними мережами.

Перелік посилань

1. Смирнов Б.В. Передача сигналов по распределительным электрическим сетям. Основы теории и расчета / Б.В. Смирнов, А.А. Ильин. – К. : Государственное издательство технической литературы УССР, 1963. – 432 с.
2. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – Изд. 2-е, испр./ Б. Склад. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1104с.
3. Викаркин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Вакаркин. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
4. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В.Назаров, Л.М. Финк. М.: Радио и связь, 1986. 304 с.