

УДК 621.38:621.391

## **ОЦІНКА ГРАНИЧНИХ ЧАСТОТ СМУГ ПРОПУСКАННЯ ПОШИРЕНИХ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ПЕРЕДАЧІ**

Бойченко С.В.

e-mail: [serhii.boichenko@nure.ua](mailto:serhii.boichenko@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,  
м. Харків, Україна

The calculation and evaluation of the bandwidth cutoff frequencies of common cable transmission lines with different dielectric filling from the point of view of their use for transmitting broadband signals have been carried out.

У різноманітних імпульсних пристроях знаходять широке застосування однорідні лінії передачі коаксіального та смужкового типу. Основними типами електромагнітних хвиль, що розповсюджуються у таких лініях, є хвилі типу TEM. Однак за наявності в них неоднорідностей можливе виникнення хвиль вищих типів, що може призвести до спотворень імпульсних сигналів, що передаються. Тому отримання широкосмужових ліній передачі пов'язане з вибором таких поперечних розмірів і такого діелектричного заповнення, при яких забезпечувалися б і малі втрати в лінії, і високі критичні частоти можливих коливань вищих типів [1].

В даний час існує три типи ліній, які можна віднести до широкосмужових ліній передачі: коаксіальні лінії, хвилеводні лінії та планарні лінії передачі. Хвилеводні лінії передачі через обмеженість їх робочого частотного діапазону, складності технології та громіздкої конструкції з розгляду можна виключити. Надалі розглядатимемо характеристики коаксіальних ліній як найбільш поширених.

Велике поширення у швидкодіючих імпульсних пристроях отримали коаксіальні лінії у вигляді жорстких конструкцій і, особливо, у вигляді радіочастотних кабелів.

Метою роботи є визначення граничних частот смуг пропускання найбільш поширених коаксіальних кабелів з урахуванням основних факторів впливу.

В даний час є різноманітні кабелі з мідними та посрібленими (біметалевими) провідниками, що мають діелектричне заповнення з поліетилену та фторопласту-4.

У реальній лінії, призначеної для передачі імпульсів з активною шириною спектру до сотень мегагерц доводиться насамперед враховувати втрати у провідниках [2, 3]. У разі передачі імпульсних сигналів нано-і субнаносекундної тривалості використовуються широкосмужові лінії, що працюють у діапазоні частот до десятків гігагерц. У цьому випадку поряд із втратами у провідниках необхідний облік втрат у діелектрику.

Гранична частота смуги пропускання лінії дорівнює частоті, коли модуль коефіцієнта передачі зменшується на 3 дБ щодо його значення на низьких частотах.

При малій довжині кабелю (1...3 м) частота  $f_r$  досягає 3 ГГц і більше і значною мірою визначається втратами у діелектрику  $\alpha_d$ . За великої довжини ( $t > 20$  м) переважне значення мають втрати у провідниках. Тут графіки розходяться помітніше, оскільки величина втрат  $\alpha_n$  суттєво залежить від поперечних розмірів кабелів.

Результати розрахунків граничних частот смуг пропускання для деяких поширених коаксіальних кабелів наведень на рис. 1 та рис. 2.

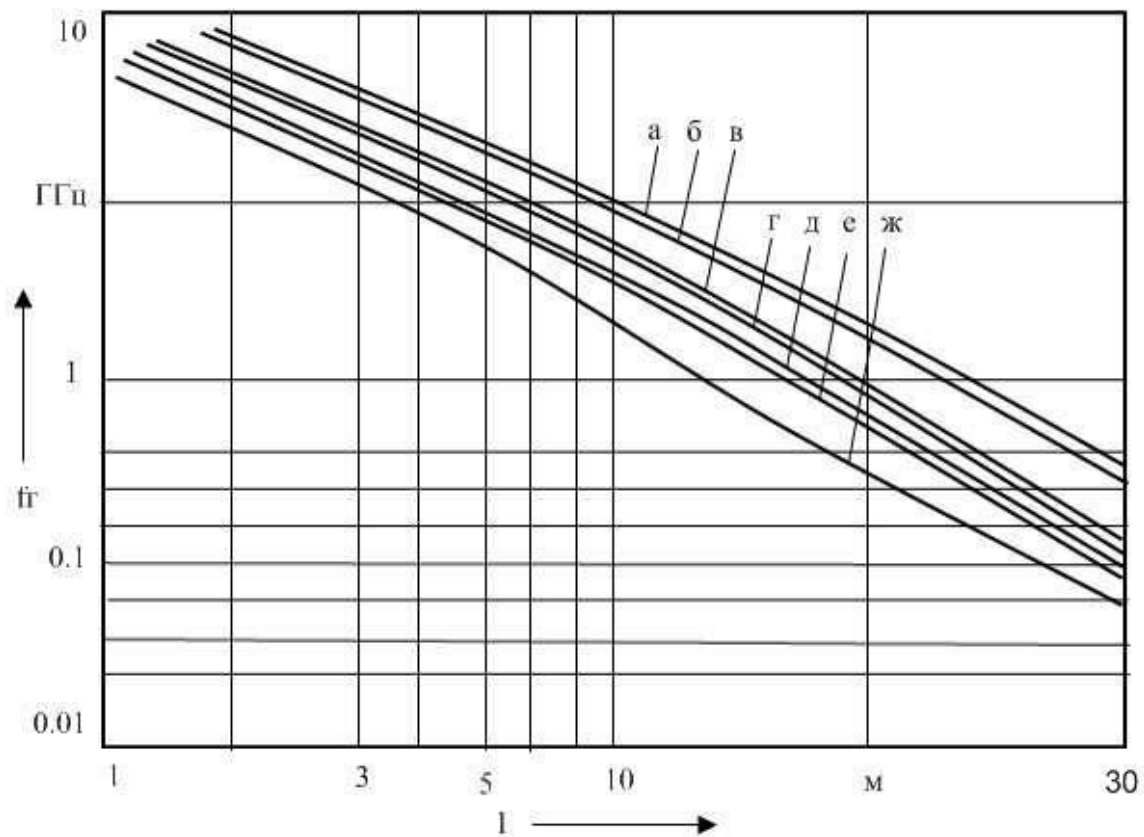


Рисунок 1. Залежність граничної частоти смуги пропускання кабелів від їхньої довжини для кабелів з поліетиленовим заповненням:  
 а - РК-50-11-11, б - РК-75-9-12, в - РК-75-7-11, г - РК-50-7-11, д - РК-75-4-11, е - РК-50-4-11, ж - РК-50-2-11.

Кабелі більшого перерізу мають більш високу частоту  $f_r$ , але критична частота коливань першого вищого типу  $f_k$  у таких кабелів невелика, і в ряді випадків (особливо при малій довжині кабелю) їх застосування пов'язане з можливістю виникнення коливання вищого типу.

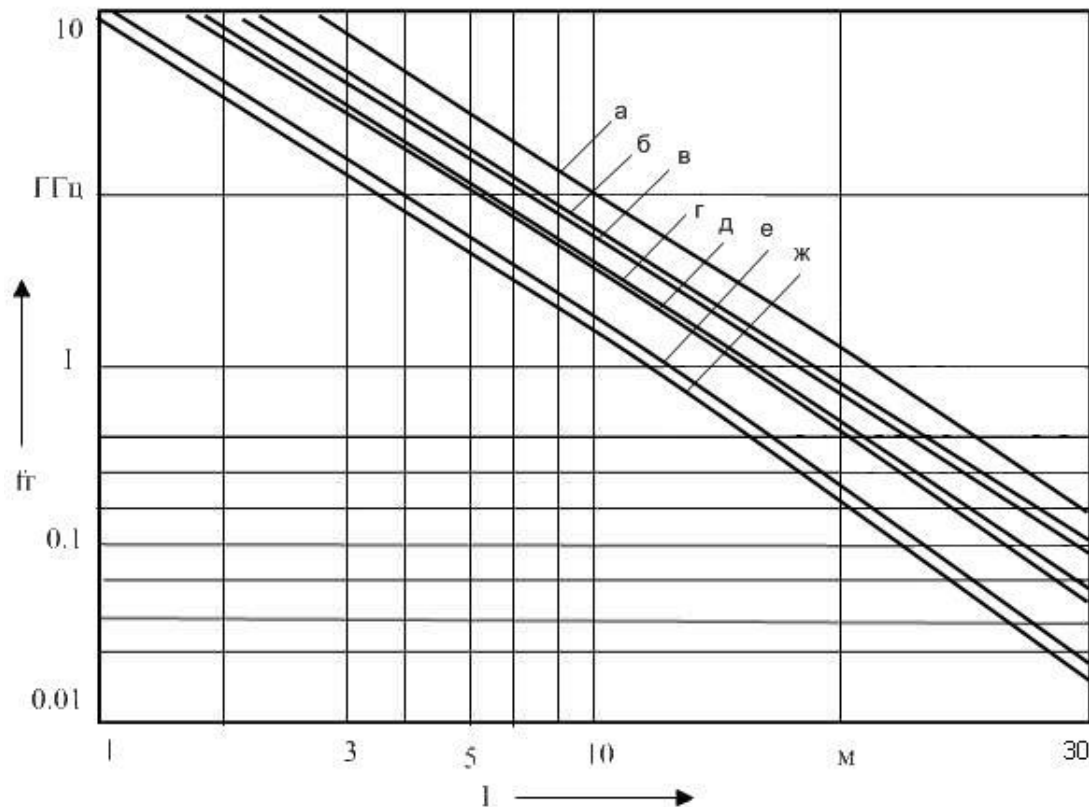


Рисунок 2. Залежність граничної частоти смуги пропускання кабелів від їхньої довжини для кабелів з фторопластовим заповненням:  
 а - РК-50-11-21, б - РК-75-7-21, в - РК-50-7-22, г - РК-50-4-21,  
 д - РК-75-4-21, е - РК-50-2-21, ж - РК-75-2-21

Порівнюючи графіки на рис. 1 та рис. 2 можна помітити, що кабелі з заповненням з фторопласту-4 мають більш високі частоти  $f_{г}$ , ніж кабелі з поліетиленом при однакових поперечних перерізах і довжині.

Таким чином при виборі для передачі широкосмугових сигналів навіть стандартизованих ліній передачі треба враховувати всі можливі фактори впливу.

#### Список використаних джерел:

1. Бондаренко І.М. Мікроелектроніка НВЧ. Ч. 1. Елементи та пристрої НВЧ-тракту: навч. посіб. ХНУРЕ, Харків, 2017. 152 с.
2. Горбенко Е. А., Бондаренко И.Н. Искажения импульсных сигналов малой длительности в измерительных цепях // Радиоелектроніка та молодь у ХХІІ столітті : зб. тез. доп. ХХІ Харків. конф. молодих науковців, 17–19 квіт. 2018 р. Харків, 2018. С. 41–42.
3. Бойченко С. В. Особливості поширення широкосмугових сигналів у провідникових лініях передачі / С. В. Бойченко // Радиоелектроніка та молодь у ХХІ столітті: матеріали 28-го Міжнар. молодіж. форуму, 16-18 квітня 2024 р. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – Т. 1. – с. 27-28.