

3. Кудінов, Є.В., Дашивець В.А. Формувач сигналів із частотно-часовим кодуванням на основі генератора на комбінаційних частотах// Вісник НТУУ "КПІ". Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування – 2008, №36, с. 37-40.

4. Проектирование радиотехнических устройств в среде Advanced Design System: Учеб. пособие / А.Д. Головин, О.А. Смирнова, А.Н. Глотов, Р.Ш. Загидуллин; Под ред. В.Н. Рождествина. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 44 с.

Кудінов Є.В., Белюженко В.Б. Моделювання залежності частоти коливань генератора на комбінаційних частотах від характеристик його елементів. Розглядається залежність частоти коливань генератора на комбінаційних частотах від характеристик фільтра проміжної частоти при заданих характеристиках інших елементів моделі, що відповідають характеристикам реальних елементів.

Ключові слова: генератора на комбінаційних частотах, радіоголографія.

Кудінов Е.В., Белюженко В.Б. Моделирование зависимости частоты колебаний генератора на комбинационных частотах от характеристик его элементов. Рассматривается зависимость частоты колебаний генератора на комбинационных частотах от характеристик фильтра промежуточной частоты при заданных характеристиках других элементов модели, что отвечают характеристикам реальных элементов.

Ключевые слова: генератор на комбинационных частотах, радиоголография.

Kudinov E.V., Belyuzhenko V.B. Simulation of the oscillation frequency of the oscillator depending on the combination frequencies of the characteristics of its elements. The dependence of the oscillation frequency of the generator at the combination frequencies of the characteristics of the intermediate frequency filter for given characteristics of other elements of the model that meet the characteristics of real elements.

Key words: generator at the combination frequencies, radioholography.

УДК 538.56

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ПОБІЧНИХ СИГНАЛІВ В МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Кудінов Є.В., Кухоль Є.М.

Як відомо, при роботі технічних засобів перетворення інформації (ТЗП), зокрема, засобів обчислювальної техніки (ЗОТ), мають місце побічні електромагнітні випромінювання і наведення в навколишньому просторі і дротах різних ліній, які можуть бути технічними каналами витоку оброблюваної інформації. Дроти мережі електроживлення як раз і є такими, що за рахунок прямого проходження через фільтруючі ланцюги блока живлення, так і за рахунок наведень від електромагнітних полів вони є вірогідними технічними каналами витоку інформації ТЗП [1]. Тобто, вимірювання високочастотних сигналів в проводах електроживлення і відповідне реагування, якщо рівень цих сигналів такий, що вони на відстані мо-

жуть прийматися засобами технічної розвідки, є складовими забезпечення інформаційної безпеки.

Вимірювання високочастотних сигналів в проводах електроживлення виконують за допомогою еквівалентів мережі або адаптерів (фільтрів), що забезпечують частотне розділення, при якому до досліджуваного пристрою подається напруга живлення промислової частоти, а побічні високочастотні сигнали проходять на вимірювальний вихід, до якого приєднується вимірювальний прилад такий як селективний мікровольтметр або інший, з тим, щоби вимірювати рівень побічних високочастотних сигналів в місці приєднання адаптера.

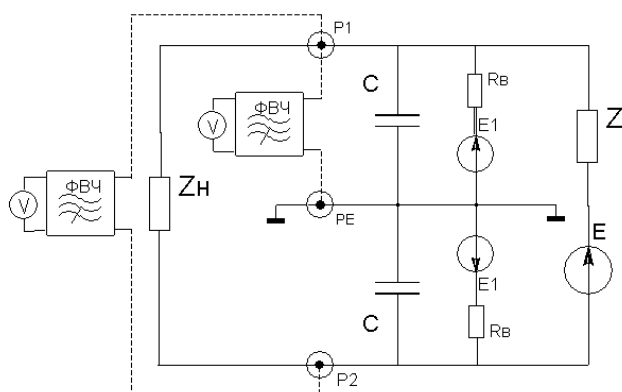


Рис. 1 Еквівалентна схема, що моделює виникнення завад. E-еквівалентний генератор, Z-внутрішній опір, Z_н-навантаження протифазних сигналів. E1- еквівалентні генератори, R_в-опори випромінювання, C-навантаження синфазних сигналів

рахунок прямого проходження через фільтруючі ланцюги блока живлення, та за рахунок наведень від електромагнітних полів ЗОТ представлена на рис. 1.

Напругами сигналів завад, що вимірюються, є напруги: для синфазних сигналів – між P1 чи P2 та PE, для протифазних сигналів – між P1 та P2. Як показано на схемі, вимірювальний прилад підключається через фільтр високої частоти (ФВЧ).

Постановка задачі

Вимірювання тільки тоді можна вважати коректними, якщо визначена їх похибка, що складається з похибки вимірювального приладу та частотозалежних додаткових похибок за рахунок підключення приладу через ФВЧ та за рахунок впливу на напругу, що вимірюється, вхідного опору ФВЧ з підключеним до його виходу вимірювальним приладом. Тому було поставлено задачу визначити ці додаткові похибки на основі еквівалентної схеми пристрою для вимірювання паразитних сигналів, яка по суті є фільтром високої частоти.

В попередніх публікаціях [2], [3] були представлені результати розробки методів та схем вимірювання завад та наведень в симетричних кабельних мережах. Були створені та доведені до зразків, придатних до застосування в реальних умовах, пристрої для вимірювання паразитних сигналів в кабельних мережах.

Еквівалентна схема, що моделює виникнення в мережі високочастотних завад за

Результати дослідження

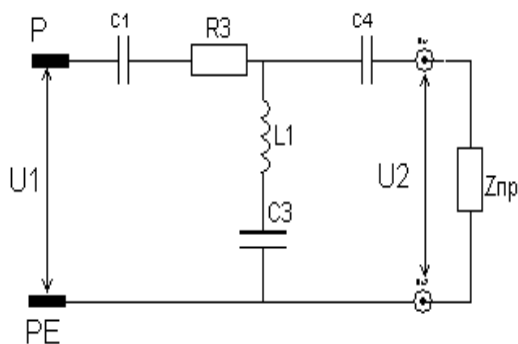


Рис.2 Еквівалентна схема пристрою для підключення вимірювального приладу

Еквівалентна схема пристрою для підключення до мережі живлення приладу для вимірювання завад та наведень представлена на рис. 2. На схемі: U_1 – напруга, що вимірюється, в місті підключення до мережі; U_2 – напруга на вході вимірювального приладу; C_1, C_3, C_4, L_1, R_3 – значення елементів, що є в схемі приладу, та таких, що враховують монтаж схеми; Z_{np} – вхідний опір вимірювального приладу.

Додаткова похибка за рахунок підключення вимірювального приладу через пристрій для підключення до мережі визначається як

$$\delta_m(\omega) = (|U_2(\omega)| / |U_1(\omega)|) - 1$$

тоді її значення розраховане через елементи еквівалентної схеми має вигляд

$$\delta_m(\omega) = \left| \frac{Z_{np}}{\left(\frac{1}{j\omega C_4} + Z_{np} \right) + \left(\frac{1}{j\omega C_1} + R_3 \right) \left[1 + \frac{(C_3 / C_4) + j\omega C_3 Z_{np}}{1 - (\omega^2 / \omega_0^2)} \right]} \right| - 1$$

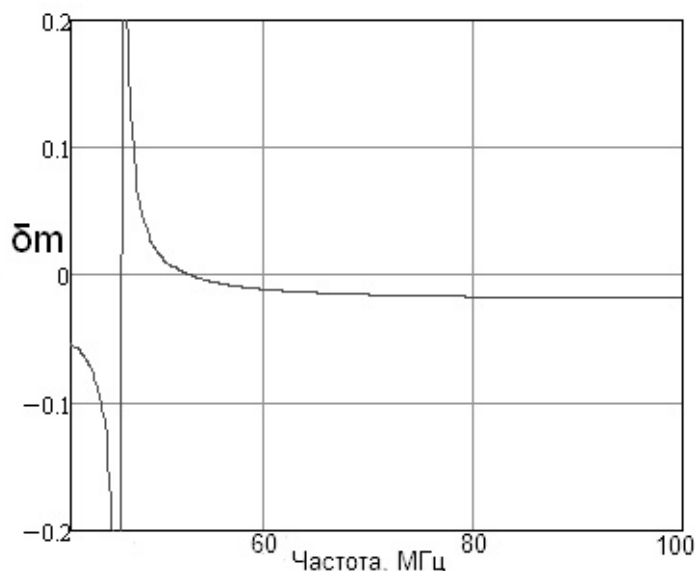


Рис. 3. Залежність похибки δ_m від частоти

де $\omega_0 = 1 / \sqrt{L_1 C_3}$. Залежність δ_m від циклічної частоти f представлена на рис.3. Починаючи з частоти 45 МГц значення додаткової похибки не перевищує 3%, що можна вважати цілком прийнятним.

Додаткову похибку $\delta_n(\omega)$ за рахунок впливу на напругу, що вимірюється, вхідного опору ФВЧ з підключеним до його виходу вимірювальним приладом можна оцінити вико-

ристовуючи теорему про активний двополусник (званою також теоремою

Гельмгольца-Тевенена) [4] у відповідності з якою можна вважати, що напруга, що вимірюється, це напруга деякого еквівалентного генератора, що складається з генератора напруги $U_0(\omega)$ та внутрішнього комплексного опору $Z_0(\omega)$ Тоді додаткова похибка $\delta_n(\omega)$ визначається як

$$\delta_n(\omega) = \left(|U_1(\omega)| / |U_0(\omega)| \right) - 1$$

і може бути представлена у вигляді виразу

$$\delta_n(\omega) = \frac{1}{\left| Z_0(\omega) \frac{Z_2(\omega) + Z_3(\omega)}{Z_1(\omega)Z_2(\omega) + Z_1(\omega)Z_3(\omega) + Z_2(\omega)Z_3(\omega)} + 1 \right|} - 1$$

де $Z_1(\omega) = \frac{1}{j\omega C_1} + R_3$; $Z_2(\omega) = j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_3}$; $Z_3(\omega) = \frac{1}{j\omega C_4} + Z_{np}$.

Найбільш невизначеними є величина та залежність від частоти внутрішнього комплексного опору еквівалентного генератора. $Z_0(\omega)$ Але є підстави апріорі вважати, що величина модулю цього опору в декілька разів менше вхідного опору вимірювального приладу, тому і залежність його від частоти в діапазоні частот, в якому проводяться вимірювання, не є суттєвою. У випадках, коли є сумніви в справедливості цього ствердження, можна виконати вимірювання $Z_0(\omega)$ звичайними методами [4]. На рис. 4 показана залежність від частоти додаткової похибки за рахунок впливу на напругу, що вимірюється, вхідного опору ФВЧ у припущенні, що модуль $|Z_0| = 10$. При цьому додаткова похибка на частотах вищих 50 МГц менше 20% і швидко зменшується з частотою.

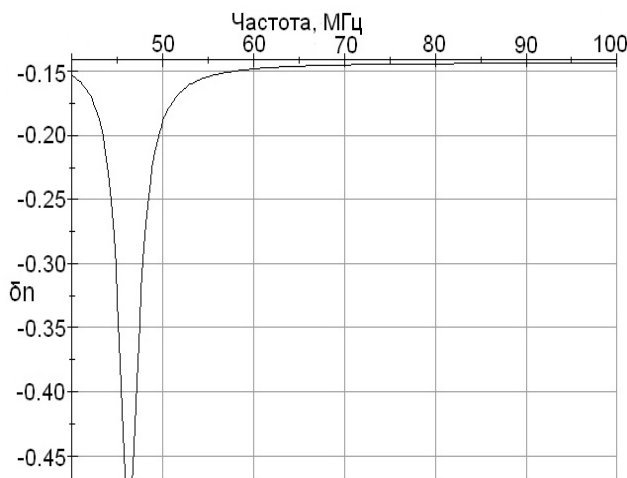


Рис. 4. Залежність похибки δ_n від частоти

Висновки

Важливо усвідомлювати, що параметри еквівалентної схеми, що моделює виникнення побічних сигналів в мережі, є змінними у часі тому що змінюються навантаження в мережі електроживлення, змінюється напруженість та розподіл полів, що створюють наведення синфазних сигналів. Це означає, що результати вимірювань в кожний момент часу будуть різними. Тому вимірювання з використанням еквівалентів мережі або адаптерів (фільтрів) треба використовувати для моніторингу рівня побічних сигналів, визначаючи коли рівень перевищує той, що встановлений нормами як допустимий, і відповідно реагуючи на це.

Література

1. Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методы и средства защиты информации. К.: Издательство Юниор, 2003, с. 504.
2. Кудінов Є.В., Кухоль Є.М. Вимірювання побічних сигналів в мережі електроживлення// Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування – 2009, №40.
3. Стеченко В.М., Прокоф'єв М.І., Кухоль Є.М. Присторої для вимірювання завад в мережі електроживлення// Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Випуск 1(16), 2009.
4. Основы теории цепей: Учеб. пособие для вузов /Г.В.Зевеке, П.А.Ионкин, А.В.Нетушил, С.В.Страхов. –5-е изд., перераб. –М.: Энергоатомиздат, 1989. -528с.

*Кудінов Є.В., Кухоль Є.М. **Визначення похибки вимірювання побічних сигналів в мережі електроживлення** Розглядається яку додаткову похибку до похибки вимірювального приладу вносить еквівалент мережі або адаптер (фільтр), що використовується для вимірювання протифазних і синфазних побічних високочастотних сигналів в проводах електроживлення*

Ключові слова: мережі електроживлення, еквівалент мережі, наведення, завади.

*Кудінов Е.В., Кухоль Е.Н. **Определение погрешности измерения побочных сигналов в сети электропитания** Рассматривается какую дополнительную погрешность к погрешности измерительного прибора вносит эквивалент сети или адаптер (фильтр), используемый для измерения противофазных и синфазных побочных высокочастотных сигналов в проводах электропитания*

Ключевые слова: сети электропитания, эквивалент сети, наводки, помехи.

*E. Kudinov, E. Kuchol **Determination of measurement error of spurious signals in power network.** Is defined the additional errors to the errors of the measuring device brings the equivalent of a network or adapter (filter) used to measure the spurious high-frequency signals in power network*

Keywords: power network, equivalent network, crosstalk, interference.