

суб'єкта. Или другой пример – оценка действий того же субъекта. В первом и во втором случаях разрешение, необходимое для решения этих задач, существенно разное. Например, качество изображения, приемлемое просто для отслеживания траектории перемещения покупателя, недостаточно для оценки того, взял ли он что-нибудь с полки или нет. Тем более для определения того, что взял. Однако в первом случае достаточно «видеть» силуэт человека, а во втором – перемещение его руки и идентифицировать предметы. А такая детализация позволяет оценить размер элементов объекта, которые надо наблюдать. Следовательно, появляется необходимость применения рассмотренных выше критериев.

Ясно, что в общем случае рассматриваемая задача – многокритериальная. Например, надо учитывать также и ряд других параметров ТВ сигнала, таких как отношение сигнал/шум, контрастность и т. п. Однако, как метод получения начальной оценки, рассмотренный подход вполне применим.

Приведенные выше результаты не только согласуются с эмпирическими данными, приводимыми в ряде источников, но позволяют сделать объективные оценки и для объектов любых размеров с учетом особенностей конкретной задачи. Кроме того, эти критерии могут служить основой для формирования более общей оценки с учетом других факторов, влияющих на качество ТВ изображения, например, контраста между объектом и фоном.

Литература: 1. В. В. Волхонский. Телевизионные системы наблюдения. Экополис и культура, СПб, 2005, 167 с. 2. А. М. Омелянчук. Критерии эффективности систем охранного телевидения. Часть 2. Опыт полиции Великобритании, "Системы безопасности" № 5, 2007, с. 104-108. 3. А. М. Омелянчук. Как задать количественные требования к СОТ объекта. Критерии эффективности систем охранного телевидения (СОТ) в составе комплексных систем безопасности. Системы безопасности" № 4, 2007, с. 42-46. 4. Z. Zivkovich. Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Substraction. ICPR Proc., 2004, p. 28-31 5. T. P. Chen, H. Haursecker, ...Computer Vision Workload Analysis: Case Study of Video Surveillance System. Intel Technology Journal, V. 9, Issue 2, May, 2005, p. 109-119. 6. C. Stauffer, W. E. L. Grimson. Adaptive background mixture models for real time tracking. IEEE CVPR, 1999.

УДК 621.372

ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ НАВЕДЕНЬ І ЗАВАД У МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Василь Стеченко, Олександр Сигаєв, Євген Кухоль, Андрій Курашкевич*
НДЦ "ТЕЗІС" НТУУ "КПІ", *ДНДІ Держспецзв'язку

Анотація: Наведені результати досліджень щодо розробки пристроїв для вимірювання симетричних і несиметричних сигналів в мережі електроживлення в діапазоні частот 5 - 500 МГц. Пропонується обирати опір узгодженого навантаження мережі в межах 50-60 Ом, що наближає його до хвильового опору типових трипровідних кабелів електроживлення.

Summary: The results of research on development of devices for measurement of symmetric and asymmetric signals in the power supplied network in the frequency range of 5 - 500 MHz are given. It is offered to choose matched resistance of loading on the network within 50-60 Ohm, approaching it to surge impedance typical three-wire power supplied cables.

Ключові слова: Мережа електроживлення, еквівалент мережі, вимірювання завод.

І Вступ

У засобах обчислювальної техніки (ЗОТ) інформація існує у вигляді електричних імпульсних сигналів. Ці сигнали створюють паразитні електромагнітні випромінювання і наведення (ПЕМВН) в навколишньому просторі і проводах комунікацій. Сигнали ПЕМВН можуть поширюватися на значну відстань і прийматися засобами технічної розвідки.

Дроти мережі електроживлення безпосередньо підключаються до ЗОТ і ПЕМВН з'являються в них як шляхом прямого проходження через фільтруючі ланцюги блока живлення, так і шляхом наведень електромагнітних полів випромінювання ЗОТ. Для вимірювання високочастотних сигналів в проводах електроживлення традиційно використовуються еквіваленти мережі. Еквівалент мережі містить частотно-розділовий фільтр, за допомогою якого до досліджуваного пристрою подається напруга живлення промислової частоти 50 Гц, а сигнали високочастотних завод відгалужуються на вимірювальний вихід, до якого підключається селективний засіб вимірювальної техніки (ЗВТ).

Еквіваленти мережі, як правило, розраховані на вимірювання завод в діапазоні частот 0,15...30 МГц.

Саме в цьому діапазоні різними стандартами нормується допустимий рівень завад в мережі електроживлення від промислових і побутових приладів. Існують і еквіваленти мережі для вищих частот. Зокрема, робочий діапазон частот трифазного еквівалента мережі NNB-103 складає 30...300 МГц.

Еквіваленти мережі – досить громіздкі прилади, що є не лише незручним при транспортуванні, але й приводить до додаткової похибки вимірювань на високих частотах через спотворення структури електромагнітного поля уздовж вимірюваного мережного кабеля великим металевим корпусом такого приладу.

На частотах в межах 0,3...1 ГГц рівні сигналів у проводах і лініях можна вимірювати високочастотними струмовими кліщами. Такі кліщі випускаються провідними закордонними фірмами, а їхня вартість може перевищувати 1000 \$ США. При вимірюванні симетричних і несиметричних складових високочастотних сигналів у мережі електроживлення за допомогою струмових кліщів необхідне розділення мережного кабелю 220 В на окремі провідники й укладання цих проводів у вікні кліщів. При цьому виникають проблеми з електробезпекою подібних робіт та з'являється вірогідність спотворення результатів вимірювань, оскільки величина вимірюваного струму залежить від опору ланцюга, а на значення модуля цього опору на частотах від 100 МГц і вище істотно впливає довжина й взаємне розташування проводів.

Аналізу основних проблем і пошуку рішень зі створення пристроїв підключення чутливих вимірювальних приладів із вхідним опором 50 Ом до проводів мережі електроживлення 220 В і присвячена ця стаття.

II Обґрунтування вимог до пристрою

Блок живлення ЗОТ (рис. 1) під'єднується до трипроводової мережі електроживлення кабелем, що складається із фазового проводу P1, нульового проводу P2 і захисного проводу (проводу заземлення PE). Трьома проводами трипроводової лінії можуть поширюватися в загальному випадку три незалежних моди. Для лінії з симетричним розташуванням проводів P1 і P2 відносно PE (рис. 1,б) умови поширення сигналів між парами проводів P1-PE і P2-PE однакові, тому можна розглядати дві моди: несиметричну і симетричну [1]. Несиметричні (синфазні) сигнали в проводах P1 і P2 однакові за величиною й за напрямком, а зворотний струм тече проводом заземлення PE. Симетричні (протифазні) сигнали мають однакову амплітуду, протилежні за знаком; вплив провідника PE мінімальний.

У сучасній електронній апаратурі частіше застосовуються імпульсні блоки живлення, які під'єднуються до електромережі через вбудовані мережні фільтри для послаблення рівня імпульсних завад. Типова схема такого фільтра показана на рис. 1.

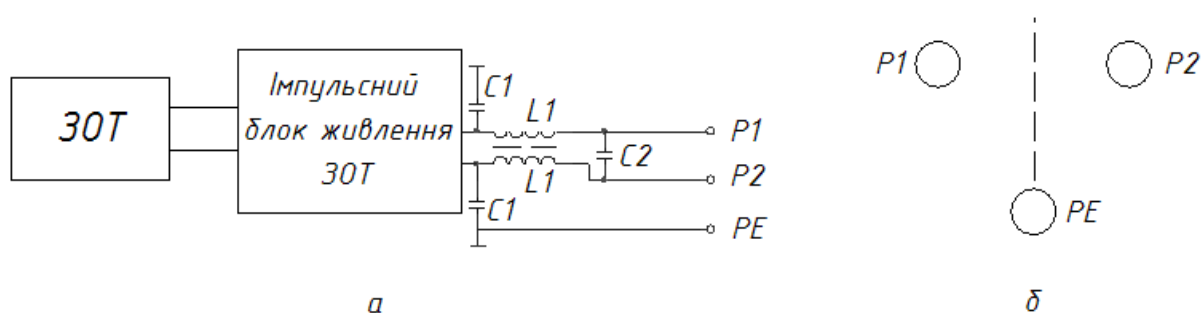


Рисунок 1 - Схема фільтра на виході мережного блоку живлення комп'ютера (а) і пояснення властивості симетрії мережних проводів P1 та P2 кабеля відносно захисного проводу PE (б)

Наявність у такому фільтрі зв'язаних котушок індуктивності L1 симетрує струми в проводах P1 та P2 за рахунок високого опору цих котушок для однакових спрямованих струмів. Вимірювання сигналів за допомогою еквівалента мережі покаже близькі значення напруги на двох мережних проводах і за результатами цих вимірювань важко оцінити рівень симетричного сигналу, що поширюється між проводами P1 та P2.

Повнішу характеристику джерела високочастотних ПЕМВН можна одержати, якщо вимірювати симетричні й несиметричні складові сигналів у мережі електроживлення відносно проводу заземлення PE. В симетричній трипроводовій лінії, що підключена до симетричного джерела, й навантаженої на симетричне навантаження, несиметричні сигнали кожного провідника лінії однакові, тому можна обмежитися вимірюванням сумарного несиметричного сигналу двох проводів мережі електроживлення. Перевага вимірювання симетричного й сумарного несиметричного сигналу полягає в тому, що в

симетричній лінії ці сигнали не впливають один на одного [1] (властивість ортогональності).

Рівні сигналів зручно вимірювати на виході мережного кабелю, в точці його під'єднання до мережі електроживлення. Довжина мережного кабелю $l \approx 1,5$ м і для сигналів з частотою понад 30 МГц вона стає співрозмірною з довжиною хвилі λ ($l/\lambda > 0,1$). У цьому випадку необхідно враховувати хвильовий процес поширення сигналів у мережному кабелі й інтерференцію прямої і відбитої хвиль з різною часовою затримкою. Для унеможливлення інтерференції і отримання результатів вимірювань, які практично не залежать від довжини проводу, мережний кабель необхідно навантажувати на узгоджені опори.

III Вимірювання високочастотних параметрів мережних кабелів

Мережний кабель із трьох проводів можна розглядати як трипроводову довгу лінію [2]. Постійна поширення й хвильові опори такої лінії залежать від матеріалу й товщини ізоляції, діаметру проводів, кроку скрутки й ряду інших факторів. Виробники мережних кабелів не надають інформацію про високочастотні параметри такої продукції. Тому нами були проведені дослідження з метою визначення параметрів типових варіантів мережних кабелів.

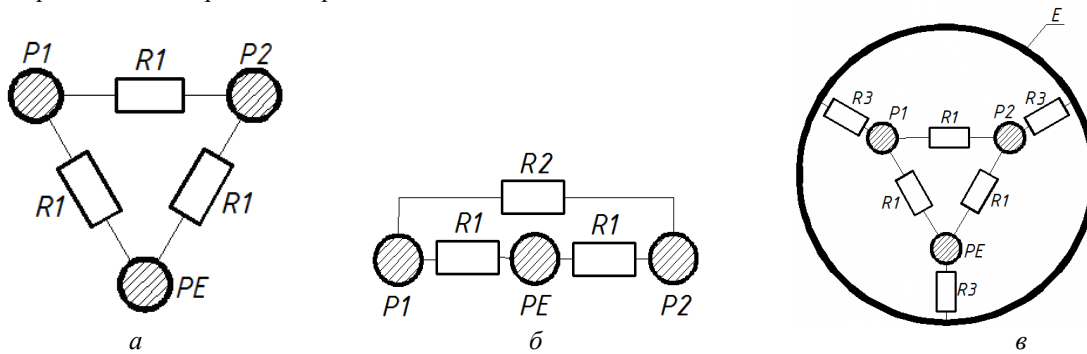


Рисунок 2 – Типи трипроводових мережних кабелів

$P1, P2$ – сигнальні проводи; PE – провід заземлення; E – екран; $R1$ – частковий погонний опір між проводами; $R2$ – частковий опір між крайніми сигнальними проводами в плоскому кабелі; $R3$ – частковий опір між проводом і екраном

Існують круглі й плоскі трипроводові мережні кабелі (рис. 2). У круглих всі проводи розташовані симетрично відносно один одного (рис. 2а), у плоских (рис. 2б) – два крайніх проводи розташовані симетрично відносно середнього провідника. Застосовується також екранований кабель із загальним екраном для трьох проводів (рис. 2в). Екранований кабель практично не випромінює високочастотні сигнали, що поширюються його проводами. Тому мережні кабелі для під'єднання ЗОТ до зовнішнього мережного протизавадного фільтра мають бути екранованими. Екран не порушує властивості симетрії проводів лінії, хоча погонні параметри екранованої лінії можуть істотно змінюватися за рахунок додавання погонної ємності кожного проводу відносно провідника екрана.

В цій роботі досліджувалися такі кабелі: три зразки круглих кабелів без екрана з мідними жилами, два зразки плоских кабелів і один екранований кабель.

Хвильові опори кабелів ρ розраховувалися за результатами вимірювань погонних ємностей C_{Π} і коефіцієнта вкорочення довжини хвилі в кабелі

$$\xi = \sqrt{\varepsilon_{ef}}, \quad (1)$$

де ε_{ef} - ефективне значення діелектричної проникності матеріала ізолятора, за формулою:

$$\rho = \frac{l_{\Delta} \cdot \xi}{c \cdot C_{\Delta}} = \frac{3335.6 \cdot \xi}{C_{\Pi}} \text{ [Ом]}, \quad (2)$$

де C_{Δ} - ємність лінії в Ф/м; C_{Π} - погонна ємність лінії в пФ/м; l_{Δ} - довжина лінії в метрах;

$c = 2.998 \cdot 10^8$ м/с – швидкість поширення плоскої електромагнітної хвилі у вільному просторі.

Коефіцієнт вкорочення розраховувався за результатами вимірювання частоти чвертьхвильового резонансу f_p в закороченій лінії (рис. 3) та довжини лінії:

$$\xi = \frac{c}{4 \cdot l_{\text{Д}} \cdot f_p} \quad (3)$$

Погонні ємності кабеля визначалися шляхом вимірювання ємності лінії, утвореної з трипроводової шляхом з'єднання двох проводів. У симетричній лінії кругового перерізу результати вимірювань не змінювалися для будь-якого варіанта з'єднання двох проводів. У плоскому кабелі величина погонної ємності між крайніми проводами істотно менша (позначено С3 на рис. 4б), ніж між сусідніми. Тому і ємності двопроводових ліній відрізнялися для різних варіантів з'єднання двох проводів: крайніх (1-1) або сусідніх (1-2).

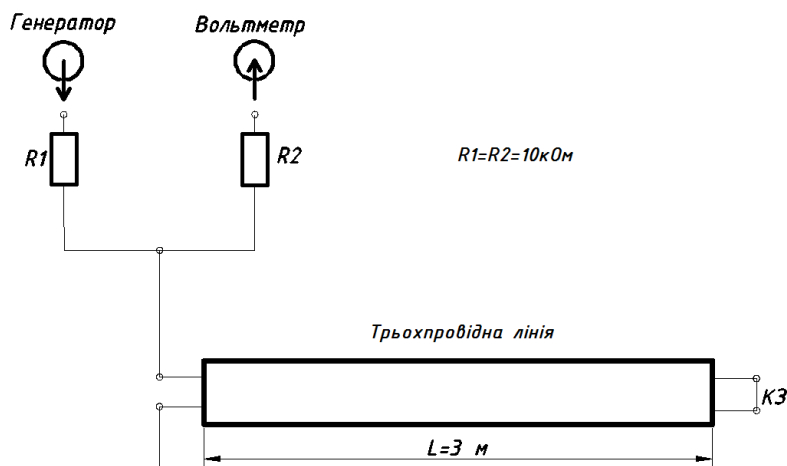


Рисунок 3 – Схема дослід з вимірювань частоти чвертьхвильового резонансу в лінії

Зауважимо, що величини опору узгодження для симетричних і несиметричних сигналів принципово відрізняються. Відмінність опорів узгодження можна пояснити на прикладі розгляду погонних ємностей неекранованої й екранованої трипроводових ліній (рис. 4а,в). На цих схемах С₁ - погонна ємність між двома проводами відкритої трипроводової лінії; С₄ – погонна ємність між двома проводами екранованої трипроводової лінії; С₅ – погонна ємність кожного проводу відносно екрана.

Погонна ємність двох з'єднаних проводів P1 і P2 відносно проводу заземлення PE

$$C_{\text{ПН}} = 2 \cdot C_1 \quad (4)$$

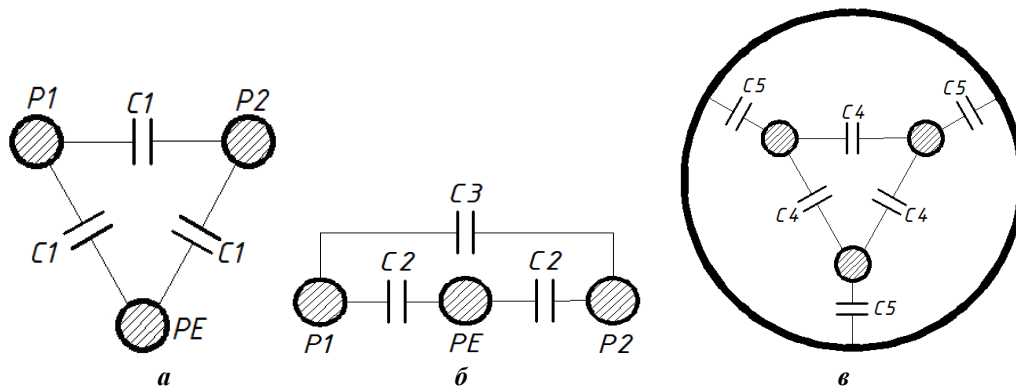


Рисунок 4 – Еквівалентні схеми трипроводних кабелів

Погонна ємність для симетричних сигналів (протифазних, рівних за величиною, але протилежних за знаком), що поширюються між проводами P1 і P2,

$$C_{\text{ПС}} = 1.5 \cdot C_1 \quad (5)$$

Для екранованої лінії провід PE в процесі вимірювання з'єднується з екраном, тому погонна ємність лінії для:

- несиметричних сигналів (провода P1 та P2 з'єднані між собою, а ємність визначається відносно проводу PE)

$$C_{\text{ПН}} = 2 \cdot (C_4 + C_5); \quad (6)$$

- симетричних (погонна ємність між проводами P1 та P2 за умови з'єднання проводу PE з екраном)

$$C_{\text{ПС}} = 1.5 \cdot C_4 + 2 \cdot C_5. \quad (7)$$

Результати вимірювань погонних ємностей, резонансних частот і часткових хвильових опорів між окремими проводами мережних кабелів наведені в табл. 1. Там же наведені значення хвильових опорів лінії для несиметричного ρ_{13} та симетричного ρ_{12} сигналів.

Результати вимірювань свідчать, що в неекранованих кабелях із симетричним розташуванням проводів відношення хвильових опорів (ρ_{12}/ρ_{13}) має значення 1,3. В екранованому кабелі це відношення збільшується практично до 3, а в плоских мережних кабелях воно досягає значень 10...20. Розбіжність хвильового опору для несиметричних сигналів в різних типах кабелів відносно невелика і знаходиться у межах 30 – 50 Ом. Для симетричних сигналів значення хвильового опору може змінюватися в значних межах.

Таблиця 1 - Результати вимірювань погонних ємностей, резонансних частот і часткових хвильових опорів між окремими проводами мережних кабелів

Схема кабеля	Тип провідника	Кількість проводів, переріз в мм ²	Довжина кабеля L, м	$C_{\text{П.синф}}$, пФ/м	$f_{p.m.}$, МГц	$f_{p.d.}$, МГц	ξ	ρ_{13} , Ом	ρ_{12} , Ом
Симетричний кабель									
Рис. 4а	Б, М ПВС	3x1,5	3	143	25	12	2,08	48,5	64
Рис. 4а	Б, М ПВС	3x6	2,37	205	31,65	15,71	2,015	32,5	43,3
Рис. 4а	О, М NYM	3x2,5	5,45	160	13,67	6,98	1,97	41	55,7
Рис. 4а	Б, М	3x1,5	3	318	25	14,3	1,75	49,8	158,3
Плоский кабель									
Рис. 4б	Б, М ПБППг	3x1,5	1,93	175	38,86	18,66	2,08	39,7	758

Позначення в таблиці: Б – багатожильний провідник; О – одножильний; М – мідний; ПВС, NYM, ПБППг – виробничі маркування кабелю.

За результатами досліджень можна рекомендувати значення опору навантаження для вимірювання рівня несиметричних сигналів обох проводів в мережному кабелі 40 Ом або 50 Ом. Останнє значення більш прийнятне, оскільки більшість ЗВТ мають саме такий вхідний опір.

Для вимірювання симетричних сигналів опір навантаження має бути в межах 50 – 70 Ом, наприклад, 60 Ом. Таке значення опору не буде створювати проблеми узгодження з ЗВТ і воно буде близьким до хвильового опору більшості неекранованих симетричних мережних кабелів.

IV Експериментальні характеристики пристроїв узгодження

З урахуванням результатів вимірювань параметрів мережних кабелів були розроблені два варіанти пристроїв для вимірювання симетричних і несиметричних сигналів в мережі електроживлення. Перший зразок, як і еквівалент мережі, має в своєму складі частотно-розділовий фільтр, який дозволяє розділяти сигнали живлення промислової частоти 50 Гц і сигнали ПЕМВН. Відгалужені сигнали надходять до фільтру високих частот і далі за допомогою ВЧ трансформаторів розділяються на симетричні і несиметричні складові.

Зразок такого пристрою має розетку (для під'єднання до досліджуваного ЗОТ) і вилку (для під'єднання його до мережі електроживлення), а також два ВЧ роз'єми для вимірювань симетричної і несиметричної складової сигналу. Під час вимірювання до одного роз'єму під'єднується ЗВТ, а до другого - узгоджувальне навантаження (50 Ом). Для відгалужених ВЧ сигналів пристрій забезпечував опір навантаження мережі електроживлення приблизно 60 Ом для симетричних сигналів і 50 Ом – для несиметричних.

Параметри розробленого пристрою для ВЧ сигналів вимірювалися для двох зразків, які були з'єднані між собою зі сторони під'єднання досліджуваного пристрою. Тобто один пристрій використовувався для

створення в мережі електроживлення симетричних (або несиметричних) ВЧ сигналів, а другий - для вимірювання цих сигналів. Таке включення досліджуваних пристроїв робить однаковий вхідний і вихідний опір (50 Ом).

В діапазоні частот 5 – 230 МГц рівень згасання симетричних сигналів для двох пристроїв коливався в межах від 2,5 дБ до 5 дБ. Нерівномірність частотної характеристики згасання не перевищувала 1,5 дБ у всій смузі частот для пари приладів. Рівень згасання несиметричних сигналів в цьому ж діапазоні частот знаходився в межах від 2 дБ до 4,5 дБ, а нерівномірність частотної характеристики згасання не перевищувала 1,5 дБ. Рівень розв'язки між симетричним і несиметричним виходами одного пристрою перевищував 20 дБ, а для різних пристроїв – 35 дБ. Частотно-розділовий фільтр пристрою був розрахований на струм 3 А (споживана потужність 600 Вт).

Для більшості випадків оцінка захищеності каналу витоку сигналів у мережу електроживлення здійснюється за результатами вимірювання відношення небезпечного сигналу до рівня завад штучного зашумлення. В такому випадку точкою вимірювання відношення може бути одна з розеток мережі електроживлення. Саме для таких вимірювань було розроблено другий тип пристрою узгодження ЗВТ (з вхідним опором 50 Ом) з мережею електроживлення. В цих пристроях відсутній частотно-розділовий фільтр, що дозволяє зменшити його розміри і розмістити всі елементи в корпусі звичайної євро-вилки (рис. 5). Розблені окремо зразки для вимірювання значень симетричних сигналів та несиметричних. Обидва зразки забезпечували опір навантаження мережі електроживлення приблизно 60 Ом для симетричних сигналів і 50 Ом – для несиметричних.



Рисунок 5 – Зовнішній вигляд пристрою

Результати досліджень пристроїв другого типу (рис. 6 – 8) показали, що вони мають рівномірнішу частотну характеристику згасання, а верхня робоча частота може досягати 500 МГц.

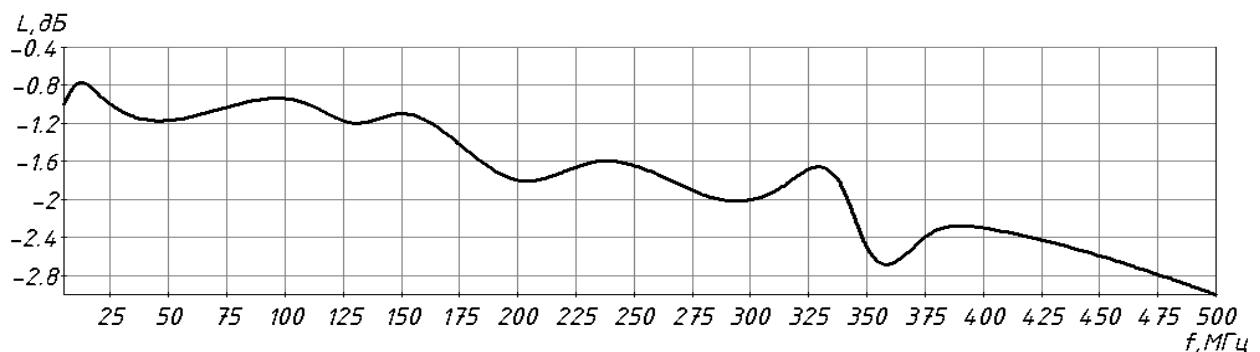


Рисунок 6 – Результати вимірювання прохідного загасання двох послідовно з'єднаних пристроїв вимірювання симетричних сигналів

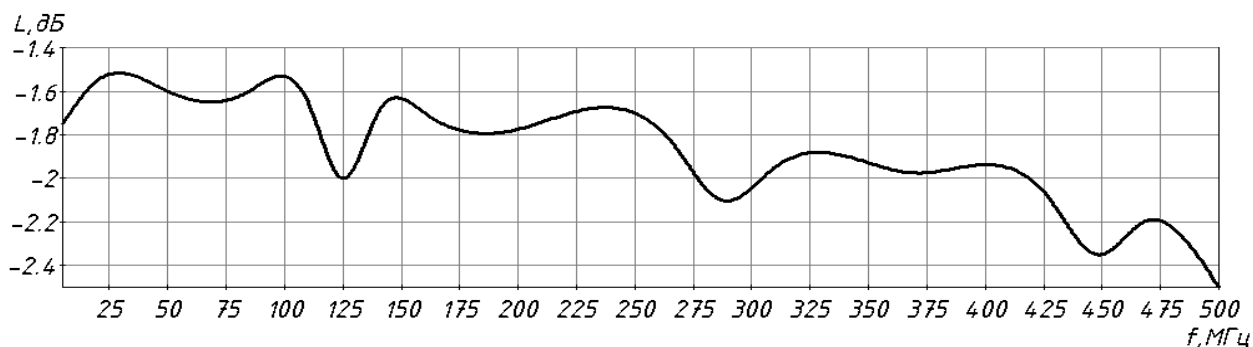


Рисунок 7 – Результати вимірювання прохідного загасання двох послідовно з'єднаних пристроїв вимірювання несиметричних сигналів

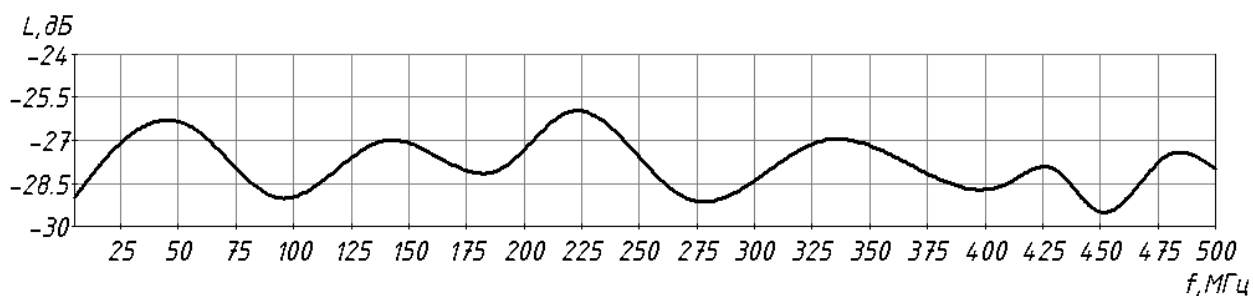


Рисунок 8 – Результати вимірювання перехідного ослаблення між пристроями вимірювання симетричних і несиметричних сигналів

Перевагою розроблених пристроїв є їх незначні габарити, особливо порівняно з еквівалентом мережі, та зручність використання. Для вимірювання сигналів в мережі електроживлення достатньо просто ввімкнути його в заземлену розетку й підключити ЗВТ. При цьому не потрібно торкатися оголених проводів або розділювати кабель на окремі дроти.

В Висновки

1. Наразі в Україні існує проблема оснащення доступними для ліцензіатів системи ТЗІ засобами вимірювання височастотних сигналів в проводах електроживлення ЗОТ. Еквіваленти мережі, що традиційно використовуються, не можуть задовольнити сучасні вимоги до ЗВТ.

2. Розроблені два варіанти пристроїв для вимірювання симетричних і несиметричних сигналів в мережі електроживлення. Перший варіант, як і еквівалент мережі, має в своєму складі частотно-розділовий фільтр, який дозволяє вимірювати рівні сигналів ПЕМВН у точці підключення ЗОТ до мережі електроживлення. В діапазоні частот 5 – 230 МГц рівень згасання симетричних сигналів знаходиться в межах від 2,5 дБ до 5 дБ, нерівномірність частотної характеристики згасання не перевищує 1,5 дБ у всій смузі частот. Рівень згасання несиметричних сигналів в цьому ж діапазоні частот знаходиться в межах від 2 дБ до 4,5 дБ, а нерівномірність частотної характеристики згасання не перевищує 1,5 дБ. Рівень розв'язки між симетричним і несиметричним виходами перевищує 20 дБ.

3. Другий варіант пристрою призначений для вимірювання рівня ВЧ сигналів у мережі електроживлення. В ньому відсутній частотно-розділовий фільтр, що дозволяє зменшити його розміри і розмістити всі елементи в корпусі звичайної євро-вилки. Розроблені пристрої для вимірювання окремо симетричної і несиметричної складової сигналу. За допомогою цих пристроїв зручно вимірювати відношення сигнал/завада у трипроводовій мережі електроживлення в діапазоні частот 5...500 МГц.

Література: 1. Пятчков А. Г. Канали утечки інформації по силовим сетям: расчет затухания сигналов. «Защита информации. Конфидент», №3, 2003, с.82-87. 2. Стеченко В. М., Найдено В. І., Прокофьев М. І., Курашкевич А. М. Анализ защиты объектов ЭВТ от утечки по цепям питания и заземления //Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Випуск 1(14), 2007 – К.; С 160 – 165.