

УДК 538.69:331.45

DOI: 10.30838/P.СММ.2415.250918.176.148

## МЕТОДОЛОГІЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ В УМОВАХ ПЕРЕХОДУ НА МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ

ЛЕВЧЕНКО Л.О.<sup>1</sup>, к.е.н., доц.ПАНОВА О.В.<sup>2\*</sup>, к.т.н., доц.ТИХЕНКО О.М.<sup>3</sup>, к.т.н., доц.ХОДАКОВСЬКИЙ О.В.<sup>4</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup> Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056, тел. +38095-204-56-99, e-mail: [larlevch@ukr.net](mailto:larlevch@ukr.net), ORCID ID: 0000-0002-7227-9472

<sup>2\*</sup> Кафедра фізики, Київський національний університет будівництва і архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03037, тел. +38097-555-97-28, e-mail: [elenapanova169@gmail.com](mailto:elenapanova169@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7975-1584

<sup>3</sup> Кафедра екології, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел. +38066-333-80-48, e-mail: [okstih@ua.fm](mailto:okstih@ua.fm), ORCID ID: 0000-0001-6459-6497

<sup>4</sup> Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056, тел. +38050-8255-33-53, e-mail: [dzgeron@gmail.com](mailto:dzgeron@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3930-0030

**Мета.** Зниження дії електромагнітних полів і випромінювань з урахуванням електромагнітної сумісності технічних засобів у виробничому середовищі при роботі електронного та електричного обладнання. **Методика.** Виконані натурні дослідження для визначення реального спектрального складу електричного та магнітного полів у середовищі та їх фізичних складових величин. Отримана повна інформація щодо зміни частот при відповідній нарузі із зміною відстані до джерела випромінювання. **Результати.** Визначено недоліки щодо відсутності експериментальних даних критичних рівнів джерел електромагнітних полів відповідно до сучасних нормативних документів стосовно електромагнітної сумісності з урахуванням міжнародних стандартів. Розроблена методика по виявленню електромагнітної сумісності технічних засобів та зниженню загального рівня електромагнітного поля на виробництві з урахуванням міжнародних стандартів з електромагнітної безпеки. **Наукова новизна.** Вдосконалення методики екранування електромагнітних полів окремих технічних засобів або приміщень для підтримання їх характеристик на нормативному рівні з урахуванням сумісної дії технічних засобів різного призначення шляхом реєстрації частотно-амплітудних характеристик електромагнітного поля. В результаті отримані кращі за значенням коефіцієнти відбиття захисних екранів, що зменшує підвищення електромагнітного фону за рахунок відбиття та перевідбиття електромагнітних хвиль в умовах значних рівнів електромагнітних полів та випромінювань ультрависоких і вищих частот, що узгоджується з діючими міжнародними стандартами. **Практична значимість.** Запропонований підхід до визначення електромагнітної обстановки дозволяє визначити джерела електромагнітних впливів на людей і обладнання та раціоналізувати роботи з забезпечення електромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності технічних засобів.

**Ключові слова:** електромагнітні поля; випромінювання; екранування; міжнародні стандарти; електромагнітна сумісність; технічні засоби.

## МЕТОДОЛОГІЯ СОКРАЩЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА В МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

ЛЕВЧЕНКО Л.А.<sup>1</sup>, к.э.н., доц.ПАНОВА Е.В.<sup>2\*</sup>, к.т.н., доц.ТИХЕНКО О.Н.<sup>3</sup>, к.т.н., доц.ХОДАКОВСКИЙ А.В.<sup>4</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup> Кафедра автоматизации проектирования энергетических процессов и систем, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056, тел. +38095-204-56-99, e-mail: [larlevch@ukr.net](mailto:larlevch@ukr.net), ORCID ID: 0000-0002-7227-9472

<sup>2\*</sup> Кафедра физики, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, Украина, 03037, тел. 38097-555-97-28, e-mail: [elenapanova169@gmail.com](mailto:elenapanova169@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7975-1584

<sup>3</sup> Кафедра экологии, Национальный авиационный университет, пр. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, Украина, 03058, тел +38066-333-80-48, e-mail: [okstih@ua.fm](mailto:okstih@ua.fm), ORCID ID: 0000-0001-6459-6497

<sup>4</sup> Кафедра автоматизации проектирования энергетических процессов и систем, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056, тел.+38050-825-33-53, e-mail: [dzgeron@gmail.com](mailto:dzgeron@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3930-0030

**Цель.** Снижение воздействия электромагнитных полей и излучений с учетом электромагнитной совместимости технических средств в производственной среде при работе электронного и электрического оборудования. **Методика.** Выполнены натурные исследования для определения реального спектрального состава электрического и магнитного полей в среде и их физических составляющих величин. Получена полная информация по изменению частот при соответствующем напряжении в зависимости от изменения расстояния до источника излучения. **Результаты.** Определены недостатки относительно отсутствия экспериментальных данных критических уровней источников электромагнитных полей в соответствии с современными нормативными документами по электромагнитной безопасности с учётом международных стандартов. Разработана методика по определению электромагнитной совместимости технических средств и снижению общего уровня электромагнитного поля на производстве с учетом международных стандартов по электромагнитной безопасности. **Научная новизна.** Усовершенствование методики экранирования электромагнитных полей отдельных технических средств или помещений для поддержания их электромагнитных характеристик на нормативном уровне с учетом совместного действия технических средств различного назначения путем регистрации частотно-амплитудных характеристик электромагнитного поля. В результате получены лучшие по значению коэффициенты отражения защитных экранов, что уменьшает повышение электромагнитного фона за счет отражения и переотражения электромагнитных волн в условиях значительных уровней электромагнитных полей и излучений ультравысоких и высоких частот, с учётом норм действующих международных стандартов. **Практическая значимость.** Предложенный подход по определению электромагнитной обстановки позволяет выявить источники электромагнитных воздействий на людей и оборудования и рационализировать работы по обеспечению электромагнитной безопасности и электромагнитной совместимости технических средств.

**Ключевые слова:** электромагнитные поля; излучения; экранирование; международные стандарты; электромагнитная совместимость; технические средства.

## METHODOLOGY OF REDUCTION OF LEVELS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN CONDITIONS OF TRANSITION TO INTERNATIONAL STANDARDS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

LEVCHENKO L.O.<sup>1</sup>, *Ph.D. (Econom.), Assoc. Prof*

PANOVA O.V.<sup>2\*</sup>, *Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof*

ТУКНЕНКО О.М.<sup>3</sup>, *Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof*

KHODAKOVSKY O.V.<sup>4</sup>, *Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof*

<sup>1</sup> Department of Automation of Design of Power Processes and Systems, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Peremohy ave., 37, Kyiv, Ukraine, 03056, phone. + 38095-204-56-99, e-mail: [larlevch@ukr.net](mailto:larlevch@ukr.net), ORCID ID: 0000-0002-7227-9472

<sup>2\*</sup> Department of Physics, Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitroflotsky ave., 31, Kyiv, Ukraine, 03037, phone.+ 38097-555-97-28, e-mail: [elenapanova169@gmail.com](mailto:elenapanova169@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7975-1584

<sup>3</sup> Department of Ecology, National Aviation University, Kosmonavtat Komarova ave., 1, Kyiv, Ukraine, 03058, phone. + 38066-333-80-48, e-mail: [okstih@ua.fm](mailto:okstih@ua.fm), ORCID ID: 0000-0001-6459-6497

<sup>4</sup> Department of Automation of Design of Power Processes and Systems, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Peremohy ave., 37, Kyiv, Ukraine, 03056, phone.+38050-825-33-53, e-mail: [dzgeron@gmail.com](mailto:dzgeron@gmail.com), ORCID ID: 000-0002-3930-0030

**Purpose.** Reducing the effects of electromagnetic fields and radiation, considering the electromagnetic compatibility of technical means in the production environment with work of electronic and electrical equipment. **Methodology.** Field studies were performed to determine the actual spectral composition of the electric and magnetic fields in the medium and their physical component quantities. Received complete information on the frequency change at the appropriate voltage depending on the change in the distance to the radiation source. **Results.** The disadvantages are defined regarding the lack of experimental data on the critical levels of sources of electromagnetic fields in accordance with modern regulatory documents on electromagnetic safety, considering international standards. A technique has been developed for determining the electromagnetic compatibility of technical means and reducing the overall level of the electromagnetic field in production, taking into account international standards for electromagnetic safety. **Scientific novelty.** Improvement of the screening technique of electromagnetic fields of individual technical facilities or premises to maintain their electromagnetic characteristics at the normative level, considering the combined effect of technical means for various purposes by registering the frequency-amplitude characteristics of the electromagnetic field. As a result, the best-in-value reflection coefficients of protective screens were obtained, which reduces the increase in electromagnetic background due to reflection and reflection of electromagnetic waves under conditions of significant levels of electromagnetic fields and ultrahigh-frequency radiation,

taking into account the norms of current international standards. Practical significance: The proposed instrumentation and material for shielding allows you to change the shielding coefficients and the overall electromagnetic environment for the environment and working people from ultra-high and high frequency sources and is consistent with current international standards. **Practical meaningfulness.** The proposed approach for determining the electromagnetic environment allows us to determine the sources of electromagnetic influences on people and work equipment. It also allows streamlining the work for providing electromagnetic safety and electromagnetic compatibility of technical facilities.

**Key words:** electromagnetic fields; radiation; shielding, international standards, electromagnetic compatibility, technical means.

### Вступ

Тенденцією сучасності є підвищення розгалуженості силових електричних мереж на територіях та у будівлях і спорудах. Не дивлячись на впровадження енергозощаджувальних технологій, загальне електроспоживання зростає, що є причиною підвищення рівнів електромагнітних полів у виробничих та побутових приміщеннях та довкіллі в цілому.

Наказом Мінекономрозвитку від 29.12.14 № 1483 з 01.01.2016 р. в Україні набула чинності методом підтвердження низка загальноєвропейських стандартів з електромагнітної сумісності. Ці стандарти жорстко регламентують випромінювальні спроможності електричного та електронного обладнання та його стійкість до електромагнітних впливів.

У таких умовах необхідно визначити задачі пов'язанні із застосуванням цих стандартів та шляхи їх вирішення.

### Стан проблеми

В Україні та усьому світі приділяється багато уваги проблематиці електромагнітної сумісності технічних засобів. У роботі [10, 11] запропоновано системи зниження рівнів гармонік та інтергармонік у електромережах, які стосуються виключно внутрішньобудинкових мереж. Щодо зовнішніх повітряних та кабельних ліній електропередачі, то дослідження спрямовані на зниження магнітного поля промислової частоти [7, 9, 14]. Поодинокі дослідження розглядають проблематику електромагнітної сумісності [12], однак у таких роботах відсутні пропозиції щодо вирішення проблеми. Це ж стосується роботи [8]. Причиною є відсутність експериментальних даних щодо джерел та критичності рівнів електромагнітних полів (особливо побічного походження) та їх відповідності сучасним національним нормативам з електромагнітної сумісності.

### Мега роботи

На основі аналізу вимог нормативів з електромагнітної сумісності та експериментальних даних, виникла необхідність розробити пропозиції щодо підвищення стабільності роботи електромагнітного обладнання та зниження випромінювальних спроможностей електротехнічних засобів у робітничому середовищі.

Проблематика електромагнітної сумісності перш за все стосується стабільності роботи засобів зв'язку та обладнання інформаційних технологій. Але причиною їх нестабільної роботи можуть бути не тільки

власні електромагнітні поля обладнання та їх взаємний вплив, а й електричні і магнітні поля промислової частоти, що регламентовано відповідними національними нормативами [1-5]. У більшості випадків, наприклад за третьою гармонікою промислової частоти, її амплітудне значення не повинне бути більшим за 10 % основної.

Для визначення реального спектрального складу електричного та магнітного полів у поблизу їх джерела були виконані натурні дослідження. Вимірювання здійснювалися повіреним аналізатором електромагнітного спектра Spectran NF-5030. Результати вимірювань надані на Рис. 1 а та Рис. 1 б.

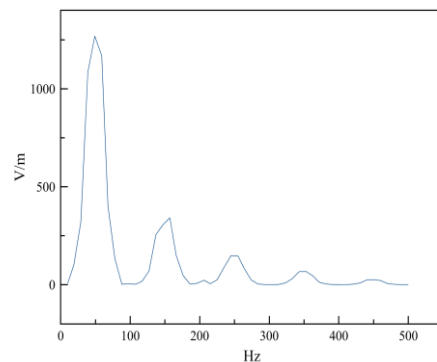


Рис. 1 а. Спектральний склад електричного поля наднизької частоти лінії електропередачі напругою 220 кВ під центральним дротом.

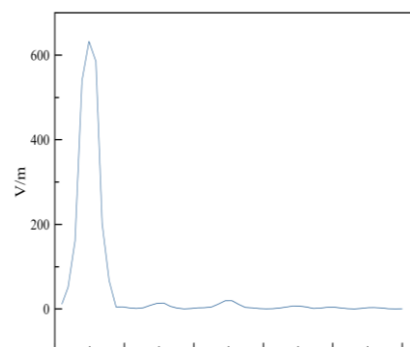


Рис. 1 б. Спектральний склад електричного поля наднизької частоти лінії електропередачі напругою 220 кВ на відстані 20 м від проекції крайнього фазного дроту на землю.

Як видно з рисунку, амплітудне значення третьої гармоніки промислової частоти дуже високе. Отриманий результат не можна пояснити наявністю перекосу фаз, що зустрічається у окремих будівлях. Імо-

вірно, це явище обумовлене або наявністю великої кількості кінцевих нелінійних споживачів, або несинусоїдальністю напруги (струму). Отриманий результат є предметом електромагнітної сумісності, тому що може, наприклад викликати значні втрати енергії. Крім того, наявність поля вищих гармонік погіршує електромагнітну обстановку у приміщенні.

З метою отримання повної інформації щодо спектрального складу електромагнітного поля були проведені вимірювання смуги більш високих частот (Рис. 2).

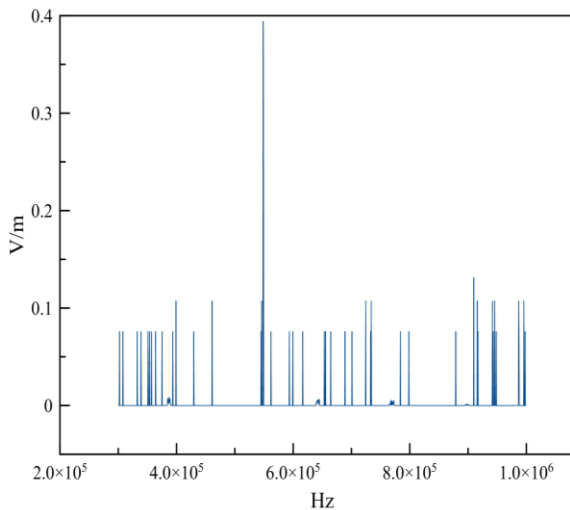


Рис. 2. Спектральний склад електричного поля низької частоти поблизу лінії електропередачі напругою 220 кВ.

Наведений спектр досить складний. Слід врахувати, що повітряні лінії електропередач використовуються як телекомунікаційні, а це впливає на спектральний склад загального електромагнітного поля. Привертає увагу лінія частотою 525 кГц відносно великої амплітуди. Вона відповідає робочій частоті радіомаяка дальнього приводу аеродрому «Херсон», поблизу якого проводилися вимірювання (відстань – 2-3 км). Наведений фактичний стан електромагнітної обстановки до цього часу не враховувався. Загальне оцінювання здійснювалося за електричною та магнітною складовими електромагнітного поля промислової частоти.

Окремого розгляду з точки зору електромагнітної сумісності та електромагнітної безпеки потребує стан виробничого середовища. Наявність і джерело магнітного поля частот третьої та інших, кратних трьом, гармонік промислової частоти у виробничих приміщеннях відомі. Тому заходи зі зниження їх рівнів розроблено і використовується. Але у сучасних умовах з'являються електричні та магнітні поля інтергармонік і навіть неканонічних гармонік (Рис. 3).

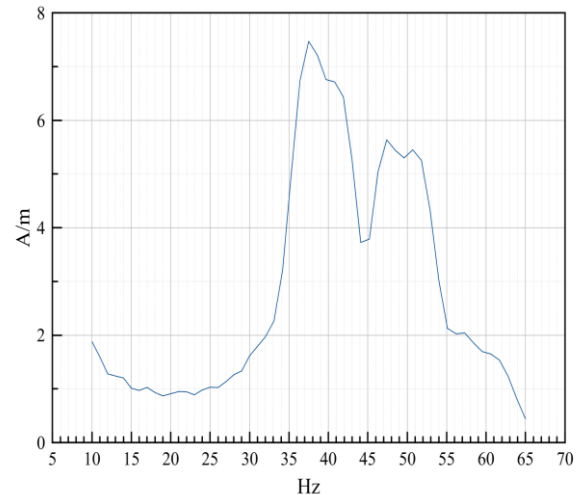


Рис. 3. Гармонічний склад на амплітудні значення магнітного поля у виробничому приміщенні.

Джерелом наведеного магнітного поля з неканонічними гармоніками є системи керування електроприводом, які можуть створювати завади іншим технічним засобам на виробництві. Наведена амплітуда магнітного поля 16 А/м відповідає індукції 20 мкТл, що на два порядки перевищує гранично допустимий рівень для експлуатації комп'ютерної техніки.

Важливість отримання спектральних складів поля обумовлена тим, що зазвичай контроль електромагнітної обстановки виконують або приладом вимірювання напруженості електричного і магнітного поля промислової частоти ПЗ 50, або спеціалізованим прикладом для вимірювання інтегральних значень рівнів поля у частотних смугах, притаманних комп'ютерній техніці, ВЕ - метр, що ускладнює пошуки джерел полів.

Вимірювання спектрального складу електричного поля у приміщенні з експлуатації персональних комп'ютерів (рис. 4) показало, що у смугах частот 5 Гц...2 кГц та 2 кГц...400 кГц, контрольних для цих пристроїв, рівні поля нестандартних частот несуттєві.

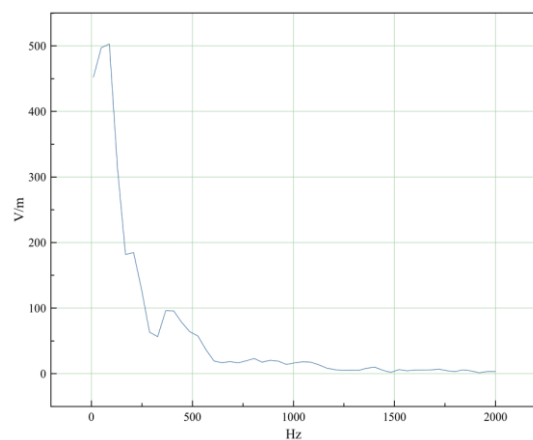


Рис. 4. Спектральний склад електричного поля у приміщенні з експлуатації комп'ютерів.

Встановлено, що рівні поля промислової частоти та її гармонік набагато перевищують допустимі нормативні значення для такого виду виробничої діяльності, які входять до контрольованого діапазону. Причиною є не функціонування технічних засобів, а організація системи електроживлення у приміщенні. Але такі напруженості поля можуть несприятливо впливати на стабільність роботи технічних засобів, наприклад гальмувати трафік у кабельних інформаційних мережах, що і було експериментально встановлено.

Досвід моніторингу електромагнітної обстановки свідчить, що електронне вантаження на довкілля з боку джерел ультрависоких і вищих частот не є критичним. В той же час у будівлях, в умовах розгалуженої бездротової мережі і зовнішнього впливу, у багатьох випадках випромінювання частот 1,8...2,6 ГГц наближаються до гранично допустимих ( $10 \text{ мкТл/см}^2$ ). Цей факт пояснюється ефектом відбиття та перевідбиття високочастотних випромінювань.

У таких умовах зниження електромагнітного фону у приміщеннях та підвищення електромагнітної сумісності, технічних засобів досягається застосуванням електромагнітних екранів [6]. Для цього доцільно використовувати метало полімерні матеріали, розроблені раніше [13]. Відомо, що найбільшою проблемою є екранування магнітного поля наднизьких частот через його квазістаціонарність. Але пропонується матеріал (пінолатекс з вмістом дрібнодисперсного залізорудного пилу 5...15 %) забезпечує високі коефіцієнти екранування (рис. 5).

Перевагою такого матеріалу є мінімальні коефіцієнти відбиття. Наприклад, для вмісту металевої субстанції 10 % він не перевищує 0,1 (частота поля 1,8 ГГц) за коефіцієнтом екранування 5...6.

Використання екранування електромагнітних полів окремих технічних засобів та приміщень в цілому поряд з традиційними заходами підтримання силової електричної мережі на нормативному рівні забезпечує технічно досяжний рівень електромагнітної безпеки та сумісності електричних та електронних технічних засобів.

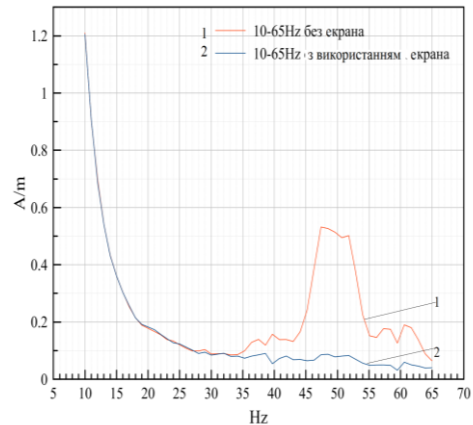


Рис.5. Ефективність металополімерного магнітного екрана: 1 – спектр вихідного поля; 2 – спектр екранованого поля.

### Висновки

1. Набуття чинності в Україні міжнародних стандартів електромагнітної сумісності технічних засобів вимагає принципово нового підходу до моніторингу електромагнітної обстановки у виробничих, побутових приміщеннях та довкілля в цілому.
2. Найбільш ефективний спосіб визначення джерел електромагнітного впливу на людей і технічні засоби – реєстрація частотно-амплітудних характеристик електромагнітного поля.
3. Для забезпечення електромагнітної сумісності технічних засобів та електромагнітної безпеки людей доцільно застосування екранування обладнання та окремих приміщень. Попередньою умовою використання електромагнітних екранів є повна ревізія силової електричної мережі щодо уникнення прекошу фаз, наявності некомпенсованих електрострумів тощо.
4. В умовах значних рівнів електромагнітних випромінювань ультрависоких і вищих частот електромагнітні екрани повинні мати мінімальні коефіцієнти відбиття. Це знижує підвищення електромагнітного фону за рахунок відбиття та перевідбиття електромагнітних хвиль.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 55013:2016 Приймачі звукового і телевізійного мовлення і підключене обладнання. Характеристики радіоапаратів. Норми і методи вимірювання (EN 55013:2013, IDT).
2. ДСТУ EN 55020:2014 Приймачі радіо- та телевізійного мовлення і пов'язане з ними обладнання. Характеристики захищеності. Граничні значення і методи вимірювання (EN 55020:2007+ EN 55020:2007/A11:2011 + EN 55020:2007/A1:2014, IDT).
3. ДСТУ EN 60945:2014 Обладнання та системи навігаційні і радіокомунікаційні морські. Загальні технічні вимоги. Методи випробування та необхідні результати випробування (EN 60945:2002, IDT) Обладнання та системи навігаційні і радіокомунікаційні морські. Загальні технічні вимоги. Методи випробування та необхідні результати випробування (EN 60945:2002, IDT).
4. ДСТУ EN 300386:2014 Електромагнітна сумісність та радіочастотний спектр. Устаткування телекомунікаційних мереж. Вимоги до електромагнітної сумісності (EN 300386 V1.6.1, IDT).
5. ДСТУ EN 301489-1:2014 Електромагнітна сумісність радіобудови та радіослужб. Частина 1. Загальні технічні вимоги (EN 301489-1 V1.9.2, IDT).

6. Панова О. В. Экранування електромагнітних полів для електромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності обладнання / О. В. Панова // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць – 2015. – Вип. № 22. – С. 207-213. Режим доступу: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-22/37.pdf>. Назва з екрана. – Перевірено: 05.10.2018.
7. Пелевин Д. Е. *Методи зниження магнітного поля воздушных линий электропередачи за пределами охранных зон* / Д. Е. Пелевин // Технічна електродинаміка. – 2015. № 5, – С. 14 – 16.
8. Перельот Т. М. Удосконалення національної нормативної бази з набуттям чинності загальноєвропейських стандартів з електромагнітної безпеки та сумісності технічних засобів / Т. М. Перельот // Проблеми охорони праці в Україні. – 2015. – Вип. 30. – С. 74 – 80.
9. Розов В. Ю. Исследование магнитного поля высоковольтных линий электропередачи переменного тока / В. Ю. Розов, С. У. Реуцкий, Д. Е. Пелевин и др. // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 1. – С. 3 – 9.
10. Саенко Ю. Л. Зниження рівнів гармонічних спотворень в електричних мережах з джерелами інтергармонік / Ю. Л. Саенко, Т. К. Бараненко, Е. Б. Бараненко // Електрифікація транспорту. – 2012. – № 3. – С. 78 – 83.
11. Саенко Ю. Л. Методы компенсации реактивной мощности в сетях с нелинейными нагрузками / Ю. Л. Саенко, Т. К. Бараненко, Е. В. Бараненко // Вісник приазовського державного технічного університету. 2013. – Вип. 26. – С. 204 – 210.
12. Халмуратов Б. Д. Електромагнітна безпека та електромагнітна сумісність технічних засобів / Б. Д. Халмуратов, Л. О. Левченко, В. А. Глива, Т. М. Перельот // Системи обробки інформації. – 2015. – Вип. 12 (137). – С. 66 – 68.
13. Design and study of protective properties of electromagnetic screens based on iron ore dust / [V. Glyva, S. Podkopaev, L. Levchenko, N. Karaieva, K. Nikolaiev, O. Tykhenko, O. Khodakovskyy, and B. Khalmuradov] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Iss. 1/5 (91). – P. 10 – 17. <http://dx.doi.org/10.15587/1729-406114>. – Назва з екрана. – Перевірено: 05.10.2018.
14. Dezelak K. Arrangements of Overhead Power Line Conductors / K. Dezelak, G. Stumberger, F. Jak // Electric Power Systems Research. – 2011. – Vol. 81. – № 12. – P. 2164-2170.

## REFERENCES

1. DSTU EN 55013: 2016 Receivers of audio and television broadcasting and connected equipment. Characteristics of radio interruptions. Standards and measurement methods. [European standards as the national standards of Ukraine. Ministry of Economic Development]. (EN 55013: 2013, IDT).
2. DSTU EN 55020: 2014 Radio and television receivers and related equipment. Security features. Limit values and measurement methods. [European standards as the national standards of Ukraine. Ministry of Economic Development]. (EN 55020: 2007 + EN 55020: 2007 / A11: 2011 + EN 55020: 2007 / A1: 2014, IDT).
3. DSTU EN 60945: 2014 Naval and radio communication marine equipment and systems. General technical requirements. Test methods and test results required (EN 60945: 2002, IDT) Naval and radio communication marine equipment and systems. General technical requirements. Test methods and necessary test results. [European standards as the national standards of Ukraine. Ministry of Economic Development]. (EN 60945: 2002, IDT).
4. DSTU EN 300386: 2014 Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Characteristics. Provision of telecommunication networks. Requirements for electromagnetic compatibility. [European standards as the national standards of Ukraine. Ministry of Economic Development]. (EN 300386 V1.6.1, IDT).
5. DSTU EN 301489-1: 2014 Electromagnetic compatibility of radio equipment and radio services. Part 1. General technical requirements. [European standards as the national standards of Ukraine. Ministry of Economic Development]. (EN 301489-1 V1.9.2, ICT).
6. Panova O. V. *Screening of electromagnetic fields for electromagnetic safety and electromagnetic compatibility of equipment* / O. V. Panova // [Management by development of complex systems: Collection of scientific works] - 2015. - Issue No. 22. - P. 207-213. – Available at: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-22/37.pdf>. (in Ukrainian).
7. Pelevin D. E. *Methods for reducing the magnetic field of overhead transmission lines outside the guard zones* / D. E. Pelevin // [Electrical electrodynamics]. – 2015. № 5, – pp. 14 – 16. (in Ukrainian).
8. Perelot T. M. *Improvement of the national regulatory framework with the entry into force of the pan-European standards on electromagnetic safety and compatibility of technical means* / T. M. Perelot // [Problems of labor protection in Ukraine]. – 2015. – Vip. 30. – pp. 74 – 80.
9. Rozov V. Yu. *Investigation of the magnetic field of high-voltage AC transmission lines* / V. Yu. Rozov, S. U. Reutsky, and D. E. Pelevin and others // [Technical electrodynamics]. 2012. – №1. – P. 3 – 9. (in Ukrainian).
10. Saenko Yu. L. *Reduction of levels of harmonic distortions in electric networks with sources of inter harmonics* / Yu. L. Saenko, T. K. Baranenko, and E. B. Baranenko // [Electrification of transport]. – 2012. – No. 3. P. 78 – 83. (in Ukrainian).
11. Saenko Yu. L. *Methods for compensating reactive power in networks with nonlinear loads* / Yu. L. Saenko, T. K. Baranenko, and E. V. Baranenko // [Bulletin of the Azov State Technical University]. 2013. – Issue 26. – P. 204 – 210. (in Ukrainian).
12. Khmelmuradov B. D. *Electromagnetic safety and electromagnetic compatibility of technical means* / B. D. Halmuradov, L. O. Levchenko, V. A. Glyva, and T. M. Perelot // [Systems of information processing]. – 2015. – Vip. 12 (137). – P. 66 – 68. (in Ukrainian).
13. Glyva V. *Design and study of protective properties of electromagnetic screens based on iron ore dust* / [V. Glyva, S. Podkopaev, L. Levchenko, N. Karaieva, K. Nikolaiev, O. Tykhenko, O. Khodakovskyy and B. Khalmuradov] // [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies]. – 2018. – Iss. 1/5 (91). – PP. 10 17. Available at: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-406114>. (in Ukrainian).
14. Dezelak K. *Arrangements of Overhead Power Line Conductors* / K. Dezelak, G. Stumberger and F. Jak // [Electric Power Systems Research]. – 2011. – Vol. 81. – № 12. – P. 2164-2170. (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 4.10.2018 р.