

Глива Валентин Анатолійович

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри цивільної та промислової безпеки,
orcid.org/0000-0003-1257-3351

Національний авіаційний університет, Київ

Ходаковський Олексій Володимирович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів і систем, *orcid.org/0000-0002-3930-0030*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ

Тихенко Оксана Миколаївна

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології, *orcid.org/0000-0001-6459-6497*

Національний авіаційний університет, Київ

Панова Олена Василівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики, *orcid.org/0000-0001-7975-1584*

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ЗАСОБИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЮ ОБСТАНОВКОЮ
В УМОВАХ ЇЇ ЧАСОВИХ ТА ПРОСТОРОВИХ ЗМІН**

Анотація. Насиченість виробничого та побутового середовища електричним та електронним обладнанням обумовлює вірогідність виникнення несприятливого впливу на людей і на коректність роботи електронного обладнання з боку джерел електромагнітних полів. Розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітної обстановки, особливо в умовах її просторових та часових змін, доцільно здійснювати за певним алгоритмом. Розроблено схему керування електромагнітною обстановкою на основі даних електромагнітного моніторингу. Розроблено технологію виготовлення композитних металополімерних електромагнітних екранів. Враховуючи достатню складність технології виготовлення композитних металополімерних матеріалів, автоматизація процесу їх проектування, алгоритмізація розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів з електромагнітної безпеки дає змогу скоротити час виконання робіт, підвищити їх ефективність та знизити матеріальні витрати.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання; електромагнітна обстановка; моніторинг електромагнітної обстановки; електромагнітний екран

Вступ

Насиченість виробничого та побутового середовища електричним та електронним обладнанням, розгалуженість силових мереж електропостачання та велика кількість розподільних пристроїв формує у будівлях і спорудах та на територіях складну електромагнітну обстановку. У багатьох випадках вона неконтрольована та непередбачувана. Це обумовлює вірогідність виникнення несприятливого впливу на людей і коректність роботи електронного обладнання з боку джерел електромагнітних полів, що потребує розроблення та впровадження засобів контролю та керування електромагнітною обстановкою у окремих приміщеннях, будівлях та територіях підприємств.

**Аналіз останніх досліджень
і публікацій**

На сьогодні проблематиці моніторингу і нормалізації електромагнітної обстановки як у приміщеннях, так і на територіях приділяється багато уваги. Але ці два напрями розвиваються практично незалежно. Так, роботи [1; 2] присвячено дослідженню фактичних рівнів високочастотних випромінювань у приміщеннях та надано загальні пропозиції щодо їх зниження. Більшість з них, як і у дослідженнях [3; 4], як засіб зниження рівнів випромінювань ультрависоких частот пропонують застосування електромагнітних екранів. Але такий захист базується на конкретних вимірюваннях і не залежить від електромагнітної обстановки, яка може

змінюватися, тобто є некерованим. Принаймні це стосується захисного матеріалу, який не проектується для визначеної ситуації.

Стосовно електромагнітних полів наднизьких частот (промислової частоти, її гармонік тощо), то існує низка досліджень щодо моніторингу їх напружень у приміщеннях і будівлях в цілому [5; 6]. Для зниження рівнів полів наднизьких частот (в основному – магнітного поля промислової частоти, її гармонік та інтергармонік) пропонується кілька методів. Це екранування поля [7; 8], а також зниження рівнів магнітних полів за рахунок ліквідації струмів витoku та придушення вищих гармонік промислової частоти у мережах електроживлення промислових будівель [9; 10]. Аналогічна ситуація складається щодо електромагнітної обстановки за межами будівель. Навіть для захисту від впливу магнітного поля промислової частоти уздовж повітряних ліній електропередачі пропонується монтаж сітчастих екранів [11], хоча відомо, що напруженість такого поля залежить від електроструму і визначається навантаженням на лінію у даний момент.

Застосування магнітних екранів, особливо для окремих приміщень, може мати негативні наслідки через екранування геомагнітного поля, що шкідливо для людей і нормується міжнародним нормативом [12; 13].

Майже усі методи і засоби нормалізації електромагнітної обстановки статичні, тобто не враховують її мінливості. На сьогодні відомі поодинокі дослідження щодо керування рівнями електромагнітних полів [14–16]. Певним чином це обумовлене окремим проведенням моніторингу стану середовища та заходів з його нормалізації [17].

Ще однією актуальною задачею є забезпечення електромагнітної сумісності електричного та електронного обладнання. На сьогодні в Україні набула чинності методом підтвердження низка загальноєвропейських стандартів з електромагнітної сумісності технічних засобів [18]. Як показано у [19], чинні вимоги щодо експлуатації обладнання в багатьох випадках жорсткіші за вимоги для безпеки людей. Це потребує узгодження цих нормативів передусім за рахунок поліпшення електромагнітної обстановки. Відомо, що напруженість низькочастотних електричних і магнітних полів та щільності потоків енергії високочастотних полів залежить від режимів роботи обладнання, часу доби, дня тижня, пори року. Тому таким параметром доцільно керувати за рахунок гнучкої системи організаційно-технічних заходів електромагнітної безпеки, які реалізуються на основі здійснення електромагнітного моніторингу.

У таку систему може бути включено проектування засобів електромагнітного

екранування – екрануючих матеріалів з керованими захисними властивостями. Це надасть змогу уникнути надлишкових коефіцієнтів екранування електромагнітних полів усіх частот, що крім технічного результату має вагому економічну складову.

Мета статті

Мета роботи – розроблення концептуальних засад автоматизації керування електромагнітною обстановкою у будівлях, спорудах і приміщеннях технологічного призначення в умовах її часових та просторових змін, побудованих на принципах розумної достатності.

Виклад основного матеріалу

Для здійснення ефективного керування електромагнітною обстановкою необхідно мати достовірні вихідні дані. Основними з них є: кількість джерел електромагнітних полів, які впливають на електромагнітну обстановку у зоні, де потрібна її нормалізація; амплітудні значення та частотні характеристики цих полів; взаємне розташування критичних щодо впливу джерел поля. Тобто, потрібне здійснення ідентифікації електромагнітних полів усього електричного та електронного обладнання, яке працює у низько- та високочастотних діапазонах.

Це можна реалізувати у два способи. Перший – за рахунок побудови моделей електромагнітних полів, виходячи з технічної документації на обладнання, що впливає на електромагнітну обстановку. Але розроблення методів ідентифікації базується на побудові моделей за таких припущень: середовище у області ідентифікації поля однорідне та ізотропне; поле, яке ідентифікується має дискретний амплітудно-частотний спектр; впливом вторинного поля на розподіл електроструму первинного джерела можна знехтувати. За цих припущень розроблення математичних моделей можливе на основі розв'язання векторного рівняння Гельмгольца, принципу суперпозиції полів та теореми взаємності Лоренца. При розробленні моделей квазістаціонарних полів (промислової частоти та її гармонік) можна обмежитися розв'язанням рівняння Лапласа та принципом суперпозиції.

Але для реалізації такого підходу практично неможливо врахувати вплив зовнішніх (по відношенню до будівлі або приміщення) джерел полів. До того ж досвід обстежень виробничих та територій аеродромів, будівель цивільної авіації свідчить, що у багатьох випадках джерела поля деяких нестандартних частот залишають не з'ясованими. Це може вносити значні похибки у реалізацію заходів з нормалізації електромагнітної обстановки.

Другий підхід – здійснення електромагнітного моніторингу у необхідних зонах, тобто, впродовж певного часу виконувати натурні вимірювання рівнів поля. Цей час повинен охоплювати період, коли відбуваються усі притаманні обстежуваному об'єкту зміни електромагнітної обстановки. У загальному випадку ідентифікація джерел полів може бути обмежена відомостями про амплітудно-частотні характеристики електричного, магнітного та електромагнітного поля у потрібній зоні та спрямованості його просторових компонентів.

Такий моніторинг є найбільш прийнятним, принаймні для застосування у транспортній галузі – на робочих місцях персоналу керування повітряним рухом, залізничному та міському електричному транспорті, де у обмежених просторах спостерігається електромагнітне поле складної амплітудно-частотної характеристики. З'ясувати її доцільно за рахунок вимірювання спектра електричної та магнітної складових електромагнітного поля. Нами це реалізується з використанням аналізатора спектра SpectranNF 5030, який дає змогу отримати дані у діапазоні 10 Гц – 2 МГц. Дещо складніше отримати інформацію щодо рівнів щільностей потоку енергії джерел електромагнітних полів дуже високих, ультрависоких та вищих частот. Перелік таких джерел досить обмежений, а робочі частоти відомі, але вони не чітко відповідають заявленим. Тому доцільно здійснювати вимірювання у невеликих смугах частот, середнє значення яких відповідає робочим частотам об'єктів – 0,9; 1,8; 2,6 Гц – мобільний зв'язок, 2,4 ГГц – бездротові мережі, 30 ГГц – радіорелейний зв'язок тощо. Такі вимірювання допомагають здійснити поширені в Україні вимірювачі напруженостей електричних та магнітних полів ПЗ-31 та ПЗ-41. Наявність достовірних даних щодо електромагнітної обстановки дає змогу коректно здійснити її нормалізацію. Це реалізується за певним алгоритмом (рисунок).

Наведений алгоритм (схема) має дві гілки, які відповідають виконанню робіт з нормалізації рівнів наднизькочастотних та низькочастотних електромагнітних полів (ліва гілка) і полів дуже високих та вищих частот (права гілка). Це обумовлене відмінністю джерел цих полів та дещо різними підходами до їх нормалізації. Розглянемо ліву гілку схеми. На першому етапі здійснюється порівняння фактичних рівнів електричних та магнітних полів з гранично допустимими для окремих частот (діапазонів частот). У разі потреби здійснюють перехід до наступного етапу – розроблення і впровадження організаційно-технічних заходів зі зниження рівнів полів.

У загальному випадку ці заходи складаються з двох частин. Перша – зниження рівнів полів промислової частоти та її гармонік за рахунок ревізії та переобладнання системи електричної мережі. Здійснюється монтаж системи компенсації реактивної потужності для мереж з наявністю гармонік та інтергармонік струму промислової частоти. Така система повинна мати зворотні зв'язки і реагувати на зміни навантаження на електромережу. Такі зміни завжди існують, особливо за наявності багатьох електроспоживачів з найбільшими вольт-амперними характеристиками. Для унеможливлення появи високих рівнів електричних та магнітних полів частотою 150 Гц необхідно контролювати, щоб частина нелінійних споживачів у загальне навантаження на окремі фази трифазної силової мережі не перевищувала 20 – 25 %. Також необхідно підтримувати рівномірність навантаження на окремі фази мережі (уникати наднормативного перекосу фаз).

Найефективнішими засобами зниження рівнів електромагнітних полів будь-якої частоти є їх екранування. Його здійснення стосується зовнішніх джерел (облицювання стін, поверхонь транспортних засобів тощо) та внутрішніх джерел (електродвигуни, трансформатори тощо), які екрануються відповідними матеріалами.

За схожим сценарієм нормалізуються рівні високочастотних електромагнітних полів. Але є суттєві відмінності. Наприклад, електричні та магнітні поля промислової частоти можна знижувати до будь-якого рівня, оскільки вони заздалегідь непотрібні для технологічного циклу. Але електромагнітні поля ультрависокої частоти використовуються для мобільного зв'язку та бездротових комп'ютерних мереж. Тому мінімізація електромагнітних випромінювань таких частот має певні обмеження. Експериментально встановлено, що за сигналу базової станції мобільного зв'язку нижче $0,2 \text{ мкВт/см}^2$ різко зростає (до $100 - 150 \text{ мкВт/см}^2$) випромінювання самих мобільних телефонів (гранично допустимий рівень 10 мкВт/см^2), а за сигналу менше $0,1 \text{ мкВт/см}^2$ зв'язок переривається [2]. Це ж стосується бездротових мереж. Виходячи з цього, необхідно оптимізувати захисні властивості електромагнітних екранів з точки зору електромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності технічних засобів з обов'язковим узгодженням захисних властивостей щодо магнітних полів промислової частоти та її гармонік. З цією метою було розроблено і реалізовано технологію автоматизованого проектування універсальних (широкодіапазонних) електромагнітних екранів з керованими захисними властивостями.

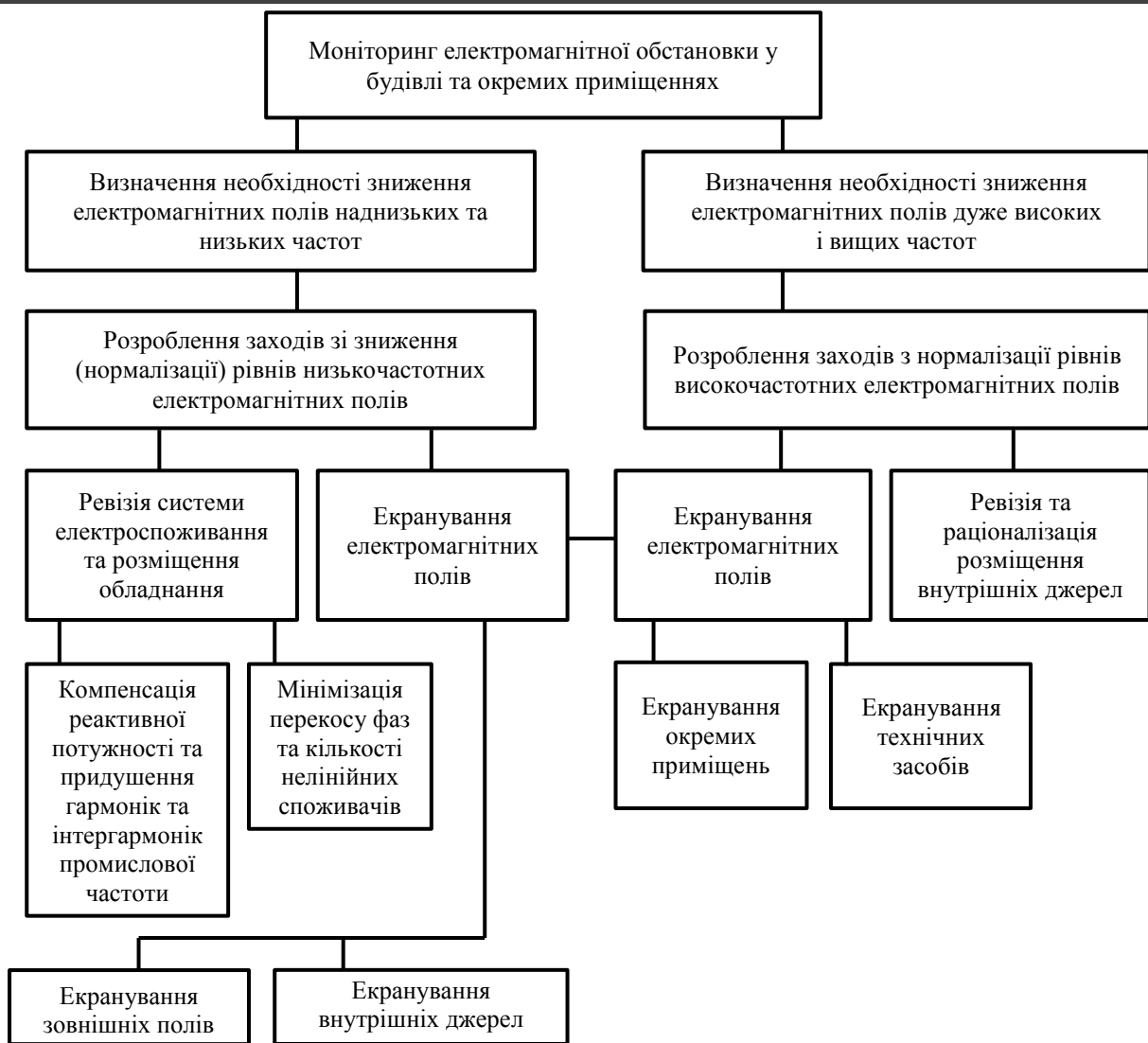


Рисунок – Схема керування електромагнітною обстановкою на основі даних електромагнітного моніторингу

Розрахунки виконувалися, виходячи зі співвідношень:

$$H_e = H_0 e^{-\alpha d}; E_e = E_0 e^{-\alpha d};$$

де H_0 , E_0 – напруженості вихідних магнітного та електромагнітного полів; H_e , E_e – напруженості полів у зоні захищеної екраном, d – товщина захисного екрана, α – коефіцієнт проникнення поля.

$$\text{У свою чергу, } \alpha = \sqrt{\pi f \sigma \mu_a},$$

де f – частота падаючої електромагнітної хвилі; σ – питома провідність матеріалу екрана; μ_a – абсолютна магнітна провідність матеріалу екрана.

Розроблений матеріал для екранування низькочастотних та високочастотних електромагнітних полів складається з пінолатексу та доданого у нього у необхідній (розрахованій) кількості залізородного пилу, який є екрануючою субстанцією. Для розрахунку потрібної товщини необхідні значення σ та μ_a . Оскільки матеріал є інноваційним, ці відомості відсутні у довідковій літературі, тому на попередньому етапі було досліджено залежність σ від концентрації металеві

субстанції, а також залежність від неї відносної магнітної проникності ϵ [20]. Значення за μ_a розраховувалося зі значення ϵ , виходячи з відомих співвідношень електродинаміки суцільних середовищ. Наведений підхід допомагає регулювати коефіцієнт екранування електромагнітного поля промислової частоти у межах 2 – 6, електромагнітного поля ультрависокої частоти – 2,5 – 12. При цьому можливе однозначне розв'язання як прямої, так і зворотної задачі: для потрібного коефіцієнта екранування визначається товщина захисної поверхні та її фізико-хімічний склад або для можливої товщини екрана у конкретних умовах розраховується склад матеріалу та коефіцієнти екранування. Враховуючи достатню складність технології виготовлення композитних метало-полімерних матеріалів, автоматизація процесу їх проектування та алгоритмізація розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів з електромагнітної безпеки дає змогу скоротити час виконання робіт, підвищити їх ефективність та знизити матеріальні витрати.

Висновки

1. Розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітної обстановки, особливо в умовах її просторових та часових змін доцільно здійснювати за певним алгоритмом, що виключає значні похибки кінцевого результату та допомагає коригувати рівні захисту залежно від стану виробничого середовища.

2. Необхідною умовою впровадження заходів електромагнітної безпеки є одночасне вирішення задач електромагнітної сумісності технічних засобів.

При цьому головною умовою є збереження на оптимальному рівні дієздатності усіх видів бездротового зв'язку.

Найбільш ефективними засобами забезпечення електромагнітної безпеки персоналу та електромагнітної сумісності електричного та електронного обладнання є екранування електромагнітних полів. Розроблена технологія виготовлення композитних металополімерних електромагнітних екранів та автоматизація процесу їх проектування дає змогу однозначно отримати ступені захисту, виходячи з принципу розумної достатності.

Список літератури

1. Feng Chen, Yuanjian Liu, Pengfei Wang. Study on the Propagation Characteristics of Radio Wave for Indoor Non-Line-of-Sight. // *Journal of Computer and Communications*. – Published Online March 2015 in SciRes. – 2015. – № 3. – P. 40 – 43. DOI:10.4236/jcc.2015.33007.
2. Тихенко О.М. Заходи і засоби захисту працюючих від впливу електромагнітних полів ультрависоких і вищих частот: дис. ... к-та техн.-х. наук : 05.26.01. Київ / Тихенко Оксана Миколаївна. – Київ, 2017. – 133 с.
3. Экраны электромагнитного излучения на основе магнитных материалов / В.А. Бозуш и др. // *Технологии. Конструкции. Применение*. – Бестпринт, Минск. – 2016. – 222 с.
4. Filippo Costa, Simone Genovesi, Agostino Monorchio, Giuliano Manara. Low-Cost Metamaterial Absorbers for Sub-GHz Wireless Systems. – *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*. – 2014. – № 13. – P. 27 – 30. DOI: 10.1109/LAWP.2013.2294791
5. Паньків Х.В. Методи визначення та зниження впливу електромагнітних полів енергетичних об'єктів на персонал / Х.В. Паньків, В.А. Глива // *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація*. – 2013. – № 758. – С. 51 – 56.
6. Перельот Т.М. Гармоніки електричних струмів промислової частоти та їх вплив на електромагнітну обстановку у приміщеннях // *Гігієна населених місць*. – 2014. – Вип. 64. – С. 192 – 197.
7. Глива В.А., Перелет Т.Н. Условия использования экранирования низкочастотных магнитных полей // «Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика»: II Міжнар. науково-практ. конф., 17 – 18 вересень 2015 р. – Херсон: – 2015 р. – С. 81 – 85.
8. Левченко О.Г. Экранирующие материалы и средства индивидуальной защиты сварщика от магнитных полей / О.Г. Левченко, В.К. Левчук, О.Н. Тимошенко // *Автоматическая сварка*. – 2011. – № 3. – С. 49 – 55.
9. Панова О.В. Екранування електромагнітних полів для електромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності обладнання // *Управління розвитком складних систем*. – 2015. – № 22. – С. 207 – 210.
10. Здановський В.Г., Дармофал Е.А., Перельот Т.М. Електроструми витоку як джерела магнітних полів ненормативних рівнів та методи їх зниження // *Системи обробки інформації*. – 2016. – Вип. 5(142). – С. 178–181.
11. Grinchenko V.S. Mitigation of three-phase power line magnetic field by grid electromagnetic shield // *Tekhnichna Elektrodynamika*. – 2018. – Issue 4. – P. 29–32.
12. Грецьких С.В. Ослаблення статичного геомагнітного поля феромагнітними елементами будинків: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня к-та техн. наук: 05.09.05 / Грецьких Світлана Володимирівна. – Харків. – 2016. – 21 с.
13. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM–2015. [acting from in May 2015]. Germany: Institut für Baubiologie+Nachhaltigkeit IBN. 2015. 5p. Режим доступу: <http://www.baubiologie.de/site/wp-content/uploads/standard-2015-englisch.pdf> (дата звернення 19.05.2019).
14. Мордачев В.И., Свистунов А.С. Необходимый и достаточный уровень мощности электромагнитного излучения базовых станций сети GSM // *Доклады белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*. – 2013. – № 7. – С. 44 – 50.
15. Пелевин Д.Е. Методы снижения магнитного поля воздушных линий электропередачи за пределами охранных зон // *Технічна електродинаміка*. – 2015. – № 5. – С. 14 – 16.
16. Розов В.Ю., Ассуиров Д.А. Автоматическое управление внешним магнитным полем технических объектов // *Технічна електродинаміка*. – 2011. – № 1. – С. 11–18.
17. Запорожець О. І., Левченко Л. О. Засади електромагнітного моніторингу міста в умовах підвищення електромагнітного навантаження на довкілля // *Екологічна безпека та природокористування*. – 2015. – № 17. – С. 28 – 34.
18. Наказ Мінекономрозвитку України від 29 грудня 2014 року № 1483 «Про прийняття європейських стандартів як національних стандартів України та скасування національних стандартів України» від 29 грудня 2014 року № 1483.
19. Глива В. А. Забезпечення стабільності функціонування технологічного обладнання в умовах підвищення електромагнітного навантаження на виробниче середовище // *Проблеми охорони праці*. – 2015. – Вип. 30. – С. 32–36.
20. Glyva V., Podkopaev S., Levchenko L., Karaieva N., Nikolaiev K., Tykhenko O., Khodakovskyy O., Khalmuradov B. Design and study of protective properties of electromagnetics creens based on iron or edust // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. – №. 1/5 (91). – P. 10–17. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123622>

Стаття надійшла до редколегії 06.09.2019

Глыва Валентин Анатольевич

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гражданской и промышленной безопасности, orcid.org/0000-0003-1257-3351

Национальный авиационный университет, Киев

Ходаковский Алексей Владимирович

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации проектирования энергетических процессов и систем, orcid.org/0000-0002-3930-0030

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев

Тихенко Оксана Николаевна

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии, orcid.org/0000-0001-6459-6497

Национальный авиационный университет, Киев

Панова Елена Васильевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры физики, orcid.org/0000-0001-7975-1584

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКОЙ
В УСЛОВИЯХ ЕЕ ВРЕМЕННЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Аннотация. Насыщенность производственной и бытовой среды электрическим и электронным оборудованием обуславливает вероятность возникновения неблагоприятного воздействия на людей и на корректность работы электронного оборудования со стороны источников электромагнитных полей. Разработка и внедрение организационно-технических мероприятий по нормализации электромагнитной обстановки, особенно в условиях ее пространственных и временных изменений, целесообразно осуществлять по определенному алгоритму. Разработана схема управления электромагнитной обстановкой на основе данных электромагнитного мониторинга. Разработана технология изготовления композитных металлополимерных электромагнитных экранов. Учитывая достаточную сложность технологии изготовления композитных металлополимерных материалов, автоматизация процесса их проектирования и алгоритмизация разработки и внедрения организационно-технических мероприятий по электромагнитной безопасности позволяет сократить время выполнения работ, повысить их эффективность и снизить материальные затраты.

Ключевые слова: электромагнитное излучение; электромагнитная обстановка; мониторинг электромагнитной обстановки; электромагнитный экран

Glyva Valentyn

DSc(Eng.), Professor, Head of the Department of Civil and Industrial Safety, orcid.org/0000-0003-1257-3351

National Aviation University, Kyiv

Khodakovskyy Oleksiy

PhD, Associate Professor of the Department of Automation of projection of power processes and systems, orcid.org/0000-0002-3930-0030

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv

Tykhenko Oksana

PhD, Associate Professor of the Department of Ecology, orcid.org/0000-0001-6459-6497

National Aviation University, Kyiv

Panova Olena

PhD, Associate Professor of the Department of Physics, orcid.org/0000-0001-7975-1584

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**CONTROLS FOR ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT IN CONDITIONS
OF TIME AND DIMENSIONAL CHANGES**

Abstract. The saturation of the industrial and domestic environment of electrical and electronic equipment determines the probability of adverse effects on people and the correct operation of electronic equipment from sources of electromagnetic fields. Development and implementation of organizational and technical measures for normalization of the electromagnetic environment, especially in the conditions of its time and dimensional changes, is appropriate to carry out according to a certain algorithm. The purpose of the work – is to develop conceptual bases for the automation of electromagnetic environment control in buildings, structures and premises of technological purpose, in terms of its time and dimensional changes, based on the principles of reasonable sufficiency. The developed scheme of control of electromagnetic environment was based on electromagnetic monitoring data. The technology of manufacturing composite metal-polymer electromagnetic screens has been developed. Considering the sufficient complexity of the technology of manufacturing composite metal-polymer materials, automation of their design process and algorithmization of the development and implementation of organizational and technical measures on electromagnetic safety can reduce the time of work, increase their efficiency and reduce material costs.

Keywords: electromagnetic radiation; electromagnetic environment; monitoring of electromagnetic environment; electromagnetic scree

References

1. Feng, Chen, Yuanjian, Liu, & Pengfei, Wang, (2015). *Study on the Propagation Characteristics of Radio Wave for Indoor Non-Line-of-Sight*. *Journal of Computer and Communications*. Published Online March 2015 in *SciRes*, 3, 40 – 43, DOI: 10.4236/jcc.2015.33007.
2. Tykhenko, O.M., (2017). *Measures and remedies for the working against the influence of the electromagnetic fields of ultra-high and high frequencies*. Kyiv, 133.
3. Bohush, V.A., (2016). *Screens of electromagnetic radiation based on magnetic materials*. Minsk, 222.
4. Filippo, Costa, Simone, Genovesi, Agostino, Monorchio, & Giuliano, Manara, (2014). *Low-Cost Metamaterial Absorbers for Sub-GHz Wireless Systems*. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 13, 27–30. DOI: 10.1109/LAWP.2013.2294791.
5. Pankiv, H.V., & Hlyva, V.A., (2013). *Methods for determining and reducing the impact of electromagnetic fields on energy objects on staff*. // Lviv Polytechnic National University. *Thermal power. Environmental Engineering. Automation*, vol. 758, 51 – 56.
6. Perelot, T.M., (2014). *Harmonics of electric currents of industrial frequency and their influence on the electromagnetic environment in premises* // *Hygiene of settlements*, vol. 64, 192 – 197.
7. Glyva, V.A. & Perelet, T.N., (2015). *Conditions for the use of shielding of low-frequency magnetic fields* // “Safe life for transport and transport - lighting, science, practice”, 81 – 85.
8. Levchenko, O.H., Levchuk, V.K., & Tymoshenko, O.N., (2011). *Shielding materials and personal protective equipment of the welder from magnetic fields*. // *Automatic welding*, Vol. 3, 49 – 55.
9. Panova, O.V., (2015). *Shielding of electromagnetic fields for electromagnetic safety and electromagnetic compatibility of equipment* // *Management of complex systems development*, Vol. 22, 207 – 210.
10. Zdanovskiy, V.H., Darmofal, E.A. & Perelot, T.M., (2016). *Leakage currents as sources of non-normative magnetic fields and methods of their reduction* // *Information processing systems*. – Vol. 5(142), 178 – 181.
11. Grinchenko, V.S., (2018). *Mitigation of Three-phase Power Line Magnetic Field by Grid Electromagnetic Shield*. *Technical Electrodynamics*, Issue 4, 29 – 32. doi: 10.15407/techned2018.04.029.
12. Hretykykh S. V. (2016). *Weakening of static geomagnetic field by ferromagnetic elements of buildings*, Kharkiv, 21.
13. *Standard of Building Biology Testing Methods: SBM–2015*. [acting from in May 2015]. Germany: Institut für Baubiologie+Nachhaltigkeit IBN. 2015. 5. Retrieved from: <http://www.baubiologie.de/site/wp-content/uploads/standard-2015-englisch.pdf>.
14. Mordachev, V.I., & Svystunov, A.S., (2013). *Necessary and sufficient level of electromagnetic radiation power of base stations of the GSM network* // *Reports of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*. – Vol. 7, 44 – 50.
15. Pelevyn, D.E., (2015). *Methods of reducing the magnetic field of overhead power lines outside the security zones* // *Technological electrodynamics*. – Vol. 5, 14 – 16.
16. Rozov, V.Y., & Assuyrov, D. A., (2011). *Methods of reducing the magnetic field of overhead power lines outside the security zones* // *Technological electrodynamics*. Vol. 1, 11 – 18.
17. Zaporozhets, O.I., & Levchenko, L.O., (2015). *Principles of electromagnetic monitoring of the city in the conditions of increase of electromagnetic load on the environment* // *Environmental safety and environmental management*. Vol. 17, 28 – 34.
18. *Order of the Ministry of Economic Development of Ukraine of December 29, 2014 № 1483 "On the adoption of European standards as national standards of Ukraine and abolition of national standards of Ukraine" of December 29, 2014 № 1483*.
19. Glyva, V.A., (2015). *Ensuring the stability of technological equipment functioning in conditions of increasing electromagnetic load on the production environment* // *Problems of labor protection*. Vol. 30, 32 – 36.
20. Glyva, V., Podkopaev, S., Levchenko, L., Karaieva, N., Nikolaiev, K., Tykhenko, O., Khodakovskyy, O., & Khalmuradov, B., (2018). *Design and study of protective properties of electromagnetic screens based on iron ore dust*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (5 (91)), 10-17, DOI: 10.15587/1729-4061.2018.123622.

Посилання на публікацію

- APA Glyva, V., Khodakovskyy O., Tykhenko O., & Panova, O. (2019). *Controls for electromagnetic environment in conditions of time and Dimensional changes*. *Management of Development of Complex Systems*, 39, 191 – 197, [in Ukrainian]; [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11340737](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11340737).
- ДСТУ Глива, В.А., Засоби керування електромагнітною обстановкою в умовах її часових та просторових змін. [Текст] / В.А. Глива, О.В. Ходаковський, О.М. Тихенко, О.В. Панова // *Управління розвитком складних систем*. – 2019. – № 00. – С. 199 – 205; [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11340737](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11340737).