УДК 538.69.331.45

**В.А. Глива (д-р техн. наук, проф.)¹, О.М. Тихенко (канд. техн. наук, доц.)²,
Л.О. Левченко (канд. екон. наук, доц.)³, В.П. Колумбет³**

¹Національний авіаційний університет, Київ

кафедра цивільної та промислової безпеки

E-mail: glyva.valentin@gmail.com

²Національний авіаційний університет, Київ

Кафедра екології

E-mail: okstih@ua.fm

³Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ

кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

E-mail: larlevch@ukr.net, vksvarog@gmail.com

КЕРУВАННЯ РІВНЯМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ В УМОВАХ ЗМІННОГО ЕНЕРГОНАВАНТАЖЕННЯ

Особливістю сучасних виробничих приміщень є змінність електронавантаження через різний кількісний та якісний склад обладнання, задіяного у виробничих процесах. Встановлено, що керування електромагнітною обстановкою за наявності змін енергонавантаження та електроспоживачів з нелінійними вольт-амперними характеристиками складається з двох етапів – зниження рівнів електромагнітних полів розосереджених джерел та екранування полів локалізованих джерел. Доведено, що зниження рівнів електромагнітних полів в умовах наявності гармонік та інтергармонік електричного струму (напруги) промислової частоти досягається заглушенням цих гармонік та інтергармонік з використанням гібридних фільтрів. Розроблено схему моніторингу та нормалізації рівнів електромагнітних полів розосереджених джерел та іонізації повітря.

Ключові слова: електромагнітна обстановка, електромагнітне поле, аероіони, екранування, автоматизація.

DOI: 10.31474/2075-4272-2019-1-32-27-36

Загальна постановка проблеми. Сучасною тенденцією розвитку технологій є підвищення кількості та різноманітності електричного та електронного обладнання, задіяного у виробничій діяльності. Особливо це стосується приміщень, у яких розташоване обладнання керування виробничими процесами. Автоматизація процесів керування у транспортній галузі, а саме, – керування повітряним рухом, електротранспортом тощо перебуває у стадії модернізації, що обумовлено зміною парку повітряних суден, рухомого складу електричного транспорту. Наведене обумовлює необхідність створення для персоналу належних умов праці. На відміну від інших фізичних факторів виробничого середовища (температура, відносна вологість, швидкість спрямованого руху повітря) керування електромагнітною обстановкою є дуже складною задачею, вирішенню якої майже не приділялося уваги

До того ж ця задача пов'язана з іншим електрозалежним фактором – іонізацією повітря, що є окремою науково-практичною задачею.

Особливістю сучасних виробничих приміщень є змінність електронавантаження через різний кількісний та якісний склад обладнання, задіяного у виробничих процесах для вирішення конкретних задач. При цьому переважна більшість такого обладнання має

нелінійні вольт-амперні характеристики і є джерелом гармонік та інтергармонік змінного струму промислової частоти, який, у свою чергу, генерує некомпенсовані магнітні поля гігієнічно значущих рівнів. Найбільш ефективним засобом зниження рівнів електромагнітних полів є їх екранування. Але при застосуванні екранів не потрібне максимальне зниження рівнів полів іншими технічними методами, що має на меті раціоналізувати коефіцієнти екранування на засадах розумної достатності. Цього потребують, наприклад, стабільність роботи бездротових мереж зв'язку. Наведене обумовлює визначення необхідних меж керованості та розроблення прийнятного за якісними показниками економічно обґрунтованого способу автоматизованого керування електромагнітною обстановкою в умовах її складної динаміки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день практично відсутні дослідження і прикладні розробки щодо керування рівнями електромагнітних полів у виробничих умовах. У більшості доступні роботи стосуються раціоналізації (оптимізації) розміщення обладнання з точки зору електромагнітної обстановки [1] або визначення фактичного електромагнітного навантаження на середовище [2]. При цьому значна частина досліджень стосується моніторингу електромагнітної обстановки як вихідних даних для розроблення заходів та впровадження засобів підвищення безпеки [3].

У роботах [4, 5] розроблено системи автоматизованого регулювання рівнів магнітних полів. Вони призначені для вирішення задач електромагнітної сумісності обладнання, розміщеного у обмежених просторах. Але такий підхід (регулювання рівня магнітного поля активними засобами) найбільш ефективний і перспективний. Значна кількість досліджень і розробок спрямована на компенсацію реактивної потужності у електромережах з нелінійним навантаженням і джерелами гармонік та інтергармонік [6, 7]. Ці роботи стосуються мереж живлення дугових сталеплавильних печей та потужних перетворювачів частоти, що спрямовані, у першу чергу, на заощадження електроенергії. В той же час, наявність електричного струму гармонік та інтергармонік промислової частоти обумовлює у навколишньому просторі наявність магнітного поля таких частот, яке може дати дуже великі амплітудні значення. При цьому такі поля не компенсуються, що підвищує їх внесок у електромагнітну обстановку [8]. Таким чином, гнучка система компенсації реактивної потужності та заглушення гармонік може стати основою для автоматизації керування електромагнітною обстановкою виробничого середовища і спрощує процес проектування та виготовлення електромагнітних екранів.

Мета роботи – розроблення засобів керування електромагнітною обстановкою у виробничих умовах зі змінним електронавантаженням та великою кількістю електроспоживачів з нелінійними вольт-амперними характеристиками.

Автоматизація керування рівнями електромагнітних полів розосереджених джерел. Знизити рівні електромагнітних полів у приміщеннях можна у два способи: заекранувати джерела поля спеціальними захисними матеріалами та зменшити амплітуди полів за рахунок технічних рішень. Останній спосіб єдиний придатний для джерел полів, якими є елементи системи електроживлення технічних засобів. Максимально можливе зменшення електричних струмів частот гармонік та інтергармонік промислової частоти практично ліквідує магнітні поля цих частот. При цьому важливим є й те, що на сьогоднішній день використовуються прилади контролю електромагнітних полів промислової частоти (класу ПЗ-50), інші наднизькі та низькі частоти не контролюються через брак обладнання.

Враховуючи зазвичай зворотну квадратичну залежність згасання амплітуди магнітного поля з відстанню (принаймні для струмових контурів), складні автоматичні системи для заглушення гармонік та інтергармонік струму (напруги) промислової частоти, принаймні для цілей електромагнітної безпеки, є надлишковими. В той же час звичайні пасивні LC - фільтри не задовольняють сучасні вимоги через мінливість гармонічного складу

електроструму (фільтри налаштовані у резонанс з найбільш поширеними гармоніками). Тому доцільно впровадити фільтр гібридного типу, який є комбінацією пасивного фільтра та електронного силового регулятора на базі активного фільтра малої потужності. Такий регулятор може бути блоком керування, який додатково виконує функції контролю інших критичних чинників – електрострумів витоків та електризації поверхонь

Для досягнення мети мають бути вирішені наступні задачі:

- уточнити математичну модель автономного інвертора напруги у складі ПЧ, що враховує вплив паразитних ємностей силових ключів на процес їх комутації;
- обґрунтувати структуру комп'ютерної моделі трифазного автономного інвертора напруги, що дозволяє досліджувати перехідні процеси під час комутації IGBT;
- проаналізувати особливості перерозподілу напруг та протікання струмів силових транзисторів під час комутації суміжних ключів інвертора.

Рисунок 1 – Схема гібридного фільтра для заглушення гармонік промислової частоти

На рис. 1 наведено схему гібридного фільтра для однієї фази: де U_1 – джерело живлення, Z – опір кола, I_0 – джерело вищих гармонік. Фільтр включає ємність C , яка розраховується з умови компенсації реактивної потужності нелінійного навантаження [9]. Головними вузлами є датчик струмової завади (ДЗ), який є датчем напруги, що керується струмом, та компенсуючий трансформатор (КТ). Вторинні обмотки ДЗ та КТ зв'язані між собою підсилювачем з додатковим джерелом живлення і системою керування (блок керування БК).

У наведеній схемі ДЗ, КТ та БК є каналом активної фільтрації у даному гібридному фільтрі. КТ виконує функцію індуктивності пасивної частини й одночасно є вхідним опором підсилювача. Він працює як активний чотириполіусник з керуванням по напрузі, його індуктивність може змінюватися у залежності від сигналу керування.

Резонанси можна отримати на низці гармонік:

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}, \quad (1)$$

де C – значення ємності конденсатора фільтра; L_1 – індуктивність первинної обмотки компенсуючого трансформатора КТ.

Граничний вихідний струм підсилювача для однієї гармоніки:

$$I_{2гр} = \frac{I_n}{\omega_n^2 \cdot C \cdot K_M \sqrt{L_1 L_2}}, \quad (2)$$

де $K_M = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$; M – взаємна індукція обмоток КТ.

Відповідно гранична напруга підсилювача для однієї гармоніки:

$$U_{2гр} = \frac{I_n}{\omega_n \cdot C \cdot K_M} \Theta, \quad (3)$$

$$\Theta = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}.$$

де L_1 – індуктивність первинної обмотки компенсуючого трансформатора КТ; L_2 – індуктивність вторинної обмотки компенсуючого трансформатора КТ.

Параметри елементів пасивної частини фільтра розраховуються за стандартним співвідношенням.

Інформація з БК надходить на персональний комп'ютер (ПК) і дозволяє у автоматичному режимі відстежувати та коригувати рівні електромагнітних полів, генерованих силовою мережею електроживлення.

Але поля таких джерел є не єдиними нелокалізованими у просторі, які важко екрануються захисними конструкціями (таких як поля окремих технічних засобів). Як показано у [10], значний вплив на електромагнітну обстановку складають струми витоку у металевих конструкціях та інженерних мережах. Контроль наявності струмів витоку доцільно здійснювати, вимірюючи рівні їх магнітних полів. Крім того, має місце накопичення електростатичних зарядів на неметалевих поверхнях та частині обладнання, корпуси яких виготовлені з полімерних матеріалів та не можуть бути заземлені. Відомо, що крім негативного впливу на людей та працездатність обладнання, такі поля деіонізують повітря робочої зони [11]. Вимірювання напруженостей полів поверхневих електростатичних зарядів у неперервному режимі складна задача. Тому доцільно контролювати концентрації аероіонів обох полярностей у повітрі приміщень і, у разі потреби, нормалізувати ці концентрації за допомогою іонізатора повітря. За помірно підвищеної концентрації іонів у повітрі відбувається нейтралізація поверхневих електростатичних зарядів та нормалізується аероіонний склад повітря. Таким чином, до ПК під'єднуються датчики магнітного поля, розташовані на найбільш критичних заземлених металевих конструкціях, лічильник аероіонів та гібридний фільтр.

Рисунок 2 – Схема моніторингу та нормалізації рівнів електромагнітних полів розосереджених джерел та іонізації повітря

Це дає змогу у режимі реального часу відстежувати рівні магнітних та електричних полів розосереджених джерел та керувати їх рівнями, а також підтримувати на нормативному рівні концентрації аероіонів обох полярностей у повітрі виробничого середовища

Автоматизація процесу впровадження екранування електромагнітних полів у загальному випадку полягає у розв'язанні задачі оптимізації параметрів екрана (за складом та геометричними характеристиками), місця його розташування відносно джерела поля тощо. Але з практичної точки зору доцільно раціоналізувати процеси впровадження за рахунок автоматизації однозначного визначення зон розташування екрануючих поверхонь. Це пояснюється доцільністю використання розроблених матеріалів з відомими захисними властивостями та проблематичністю отримання оптимального співвідношення властивостей матеріалів для електромагнітних полів різних джерел (амплітудно-частотних характеристик).

У багатьох випадках потребують екранування електромагнітні поля електронного та електричного обладнання з необхідністю забезпечення надійного функціонування засобів бездротового зв'язку.

У табл. 1 наведено ступені зниження індукції магнітного поля промислової частоти (а) та щільності потоку енергії засобів мобільного зв'язку (б) у залежності від характеристик металополімерного екрануючого матеріалу.

Таблиця 1 – Залежність ефективності металополімерного електромагнітного екрана від його параметрів*

Δ , мм	B_{50} , мкТл		
	1	2	3
1	27	22	19
2	20	16	10
3	14	9	5
4	8	5	1
5	5	2	0,4
6	3	1,5	0,1
7	1	0,4	0,02
8	0,6	0,1	-
9	0,2	0,08	-
10	0,1	0,05	-

а)

Δ , мм	W , мкВт/см ²		
	1	2	3
1	3	2,6	2,4
2	2,1	1,1	1,6
3	1,6	1,4	1,1
4	1,3	1,0	0,8
5	1,2	0,8	0,5
6	0,9	0,6	0,2
7	0,7	0,4	0,1
8	0,6	0,2	0,08
9	0,4	0,1	0,04
10	0,3	0,08	0,01

б)

* 1, 2, 3 – екрани різного складу (5, 10, 15 % екрануючої субстанції у полімерній матриці); Δ – товщина екрана; B_{50} – магнітне поле промислової частоти (ГДР – 0,5 мкТл); W – електромагнітне поле мобільного зв'язку 1,8 ГГц (ГДР_{max} – 10 мкВт/см², ГДР_{min} – 0,15 мкВт/см²).

Як видно з таблиць, оптимального співвідношення параметрів екрана щодо двох полів різного походження (0,5 мкТл та 0,15 мкВт/см²) не існує. Тому доцільно досягти максимальної ефективності щодо магнітного поля промислової частоти за рахунок розміщення екрана меншої ефективності у найбільш критичному місці.

Моделювання поширення магнітного поля навколо електричної машини на основі розв'язування рівняння Гауса для скалярного потенціалу та застосування пакету Matlab дозволяє визначати місця (кут) найбільших амплітуд магнітного поля, де ефективність екрана максимальна (рис. 3).

Рисунок 3 – Зміна напруженості магнітного поля навколо чотириполюсної електричної машини у горизонтальній площині (3,14 відповідає куту π , 2,28 – 2π)

На основі визначення векторного потенціалу для дипольних та дипольно-квадрупольних джерел магнітного поля і отримання відповідних функцій у декартових координатах визначаються лінії максимальної напруженості (індукції) поля.

Рисунок 4 – Моделювання поширення магнітного поля промислової частоти навколо кількох джерел

Наведені вище приклади ілюструють можливості обрання місця щодо магнітного поля промислової частоти. Тому його параметри (товщина, вміст металевої субстанції у металополімерному матеріалі) прийнятні для проходження електромагнітних хвиль, які забезпечують функціонування бездротового зв'язку.

Наведений підхід дозволяє певним чином автоматизувати роботи з впровадження екранування електромагнітних полів та реалізувати ці процеси. Такий підхід дозволяє уникнути проектування та вироблення захисного матеріалу для конкретної електромагнітної обстановки та має вагому економічну складову.

Висновки.

1. Керування електромагнітною обстановкою за наявності змін енергонавантаження та електроспоживачів з нелінійними вольт-амперними характеристиками складається з двох етапів – зниження рівнів полів розосередження джерел (систем електропостачання, електрострумів виток) та екранування полів локалізованих джерел (електронного та електричного обладнання).

2. Зниження рівнів електромагнітних полів в умовах наявності гармонік та інтергармонік електричного струму (напруги) промислової частоти досягається придушенням цих гармонік та інтергармонік з використанням гібридних фільтрів.

3. Автоматизація процесу генерації аероіонів дозволяє знизити накопичення електростатичних зарядів на діелектричних поверхнях, що підвищує стабільність роботи електронного обладнання, зокрема засобів обчислювальної техніки.

4. Автоматизація процесів позиціонування поверхонь, екрануючих електромагнітні поля, дозволяє застосувати вже розроблені захисні матеріали та знижувати рівні техногенних полів без порушення функціонування засобів бездротового зв'язку.

5. Перспективним напрямом досліджень щодо нормалізації електромагнітної обстановки у виробничому середовищі є розроблення засобів певної оптимізації параметрів екранувальних матеріалів з урахуванням інших критичних чинників, наприклад індукції геомагнітного поля, яка не може бути меншою за 25 мкТл у виробничих умовах.

Перелік використаної літератури

1. Мордачев, В.И. Необходимый и достаточный уровень мощности электромагнитного излучения базовых станций сети GSM / В.И. Мордачев, Свистунов А.С. // Доклады белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2013. – № 7. – С. 44–50
2. Глива, В.А. Методологія визначення рівня електромагнітного навантаження на виробниче середовище / В.А. Глива, Т.М. Перельот // Проблеми охорони праці в Україні. 2014. – Вип. 28. – С. 91 – 95.
3. Сукач, С.В. Моніторинг і керування рівнями фізичних факторів виробничого середовища: дис. докт. техн. наук: 05.26.01. Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет». 2017. 311 с.
4. Розов, В.Ю. Методы формирования сигналов обратных связей в закрытых системах управления магнитным полем технических объектов при наличии сторонних источников магнитного поля / В.Ю. Розов, Д.А. Ассуиров, А.А. Давыдов // Технічна електродинаміка. – 2009. – № 6. – С. 8–16.
5. Розов, В.Ю. Автоматическое управление внешним магнитным полем технических объектов / В.Ю. Розов, Д.А. Ассуиров // Технічна електродинаміка, 2011. – № 1. – С. 11–18.
6. 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. – № 26. – С. 204–210.

7. Саєнко, Ю.Л. Зниження рівнів гармонічних спотворень в електричних мережах з джерелами інтергармонік /Ю.Л. Саєнко, Т.К. Бараненко, Е.Б. Бараненко // Електрифікація транспорту. 2012. № 3. С. 78–83
8. Волохов, С.А. Закономерности распределения внешнего магнитного поля электрооборудований / С.А. Волохов, П.Н. Добродеев // Электротехника, 2006. – № 4. С. 28 – 33.
9. Кирюхин, А.Ф. Гибридный фильтр высших гармоник для трехфазных сетей переменного тока 0,4 кВ / А.Ф. Кирюхин, И.Г. Буре // Электроника, 2008. – № 5. – С. 37–41.
10. Здановський, В.Г. Електроструми витоку як джерела магнітних полів ненормативних рівнів та методи їх зниження / Е.А. Дармофал, Т.М. Перельот // Системи обробки інформації, 2016. – Вип. 5 (142). – С. 178 – 181.
11. Глива, В.А. Дослідження рівнів фізичних факторів у приміщеннях диспетчерських служб аеропортів цивільної авіації / В.А. Глива, К.Д. Ніколаєв, О.М. Тихенко, О.П. Тимошенко // Системи управління, навігації та зв'язку, 2019. – № 1 (53). – С. 32–35.

References

1. Mordachev, V.Y., Svystunov, A.S. (2013). Neobhodimyy i dostatochnyy uroven moschnosti elektromagnitnogo izlucheniya bazovyih stantsiy seti GSM. Doklady belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki, № 7, 44–50.
2. Hlyva, V.A., Perelot, T.M. (2014). Metodolohiia vyznachennia rivnia elektromagnitnoho navantazhennia na vyrobnyche seredovyshe. Problemy okhorony pratsi v Ukraini, 28, 91–95.
3. Sukach, S.V. (2017). Monitorynh i keruvannia rivniamy fizychnykh faktoriv vyrobnychoho seredovyscha: dys. dokt. tekhn. nauk: 05.26.01. Derzhavnyi vyshchyi navchalnyi zaklad «Donetskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet», 311.
4. Rozov, V.Yu., Assuirov, D.A., Davydov, A.A. (2009). Metody formirovaniya signalov obratnyih svyazey v zakrytyih sistemah upravleniya magnitnym polem tehniceskikh obektov pri nalichii storonnih istochnikov magnitnogo polya. Tehnichna elektrodinamika, 6, 8–16.
5. Rozov, V.Yu., Assuirov, D.A. (2011). Avtomaticheskoe upravlenie vneshnim magnitnym polem tehniceskikh obektov. Tehnichna elektrodinamika, 1, 11–18.
6. Saenko, Yu.L., Baranenko, T.K., Baranenko, E.V. (2013). Metody kompensatsii reaktivnoy moschnosti v setyah s nelineynymi nagruzkami. Visnik priazovskogo derzhavnogo tehnicnogo universitetu, 26, 204–210.
7. Saenko, Yu.L., Baranenko, T.K., Baranenko, E.B. (2012). Znizhennya rivniv garmonichnih spotvoren v elektrichnih merezhah z dzhelami intergarmonik. Elektrifikatsiya transportu, 3, 78–83.
8. Volohov, S.A., Dobrodeev, P.N. (2006) Zakonomernosti raspredeleniya vneshnego magnitnogo polya elektrooborudovaniy. Elektrotehnika, 4, 28–33.
9. Kiryuhin, A.F., Bure, I.G. (2008). Gibridnyi filtr vysshih garmonik dlya treh faznyih setey peremennogo toka 0,4 kV. Elektronika, 5, 37–41.
10. Zdanovskiy, V.H., Darmofal, E.A., Perelot, T.M. (2016). Elektrostrumy vytoku yak dzhelera mahnitnykh poliv nenormatyvnykh rivniv ta metody yikh znyzhennia. Systemy obrobky informatsii, 5 (142), 178–181.
11. Hlyva, V.A., Nikolaiev, K.D., Tykhenko, O.M., Tymoshenko, O.P. (2019). Doslidzhennia rivniv fizychnykh faktoriv u prymishchenniakh dyspetcherskykh sluzhb aeroportiv tsyvilnoi aviatsii. Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku, 1 (53), 32–35.

В.А Глыва¹, О.Н. Тихенко¹, Л.А. Левченко², В.П. Колумбет²

¹*Национальный авиационный университет*

²*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Управление уровнем электромагнитных полей в условиях переменной энергонагрузки

Особенностью современных производственных помещений является изменчивость электронагрузки из-за разного количественного и качественного состава оборудования которое используется в производственных процессах. Установлено, что управление электромагнитной обстановкой при наличии изменений энергонагрузки и электропотребителей с нелинейными вольт-амперными характеристиками состоит из двух этапов - снижение уровня полей рассредоточенных источников и экранирование полей локализованных источников. Доказано, что снижение уровней электромагнитных полей в условиях наличия гармоник и интергармоник электрического тока (напряжения) промышленной частоты достигается глушением этих гармоник и интергармоник с использованием гибридных фильтров. Разработана схема мониторинга и нормализации уровней электромагнитных полей рассредоточенных источников и ионизации воздуха.

Ключевые слова: электромагнитная обстановка, электромагнитное поле, аэроионы, экранирование, автоматизация.

V. Glyva¹, O. Tykhenko¹, L. Levchenko², V. Kolumbet²

¹*National Aviation* ²*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» University*

Control of electromagnetic field levels under conditions of variable energy load

A feature of modern industrial premises is the variability of electrical load due to the different quantitative and qualitative combination of the equipment involved in the production processes. Managing the electromagnetic environment is a very difficult task, and the most efficient way to reduce the levels of electromagnetic fields is to shield them. The purpose of the work is to develop means to control electromagnetic environment under production conditions with alternating electric load and large number of consumers with nonlinear current-voltage characteristics. It is established that the control of the electromagnetic environment in the presence of changes in the power load and power consumers with nonlinear current-voltage characteristics involves two stages - decrease in the levels of electromagnetic fields of distributed sources and the shielding of the fields of localized sources. It is proved that the reduction of the levels of electromagnetic fields in the presence of harmonics and interharmonics of industrial frequency electric current (voltage) is achieved by suppression of these harmonics and interharmonics with the application of hybrid filters. The scheme of monitoring and normalization of the air ionization and the levels of electromagnetic fields of distributed sources is developed, using this scheme in real time it is possible to monitor the levels of magnetic and electric fields of distributed sources and to control their levels, as well as to maintain the concentration of air ions of both polarities in the air at the regulatory level. Examples of modeling the industrial frequency magnetic field propagation around several sources are given. In cases of the multiple field sources presence the modeling enables determining the isoline of the most appropriate and efficient placement of the screen. This makes it possible to automate electromagnetic field shielding in a certain way and implement them. It is established that the automation of the processes positioning surfaces which screen electromagnetic fields allows using already developed protective materials and reducing the levels of technogenic fields without disruption of the wireless communications functioning. This approach is avoiding the design and making of protective material for a particular electromagnetic environment and has a significant economic benefit.

Keywords: electromagnetic environment, electromagnetic field, airions, shielding, automation.

Глива Валентин Анатолійович, Україна, закінчив Слов'янський Державний педагогічний інститут, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри цивільної та промислової безпеки Національного авіаційного університету (пр. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна).

Основний напрямок наукової діяльності – електромагнітна безпека, моніторинг та нормалізація фізичних факторів виробничого середовища.

Тихенко Оксана Миколаївна, Україна, закінчила Національний авіаційний університет, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології Національного авіаційного університету (пр. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна)

Основний напрямок наукової діяльності – електромагнітна безпека, захист працюючих від впливу електромагнітних полів металевими та композиційними екрануючими матеріалами.

Левченко Лариса Олексіївна, Україна, закінчила Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кандидат економічних наук, доцент кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів і систем (пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056)

Основний напрямок наукової діяльності - електромагнітна безпека, авіаційний шум, інформаційні технології, розроблення програмного забезпечення.

Колумбет Вадим Петрович, Україна, закінчив Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», аспірант, старший викладач кафедри автоматизації енергетичних процесів та систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056)

Основний напрямок наукової діяльності – математичне моделювання динамічних об'єктів та систем, нові комп'ютерні засоби та технології