

ТЕХНІЧНЕ ТА МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕПЕРЕРВНОГО МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ

В. А. Глива, В. І. Клапченко, кандидати техн. наук, І. О. Азнаурян, інж. (КНУБА), А. В. Лук'янчиков, інж. (Національний авіаційний університет)

Разработана структурная схема непрерывного мониторинга электромагнитной обстановки в реальных условиях эксплуатации автоматизированных систем. Уточнена методика интерпретации регистрируемых сигналов и определения суммарных параметров электромагнитных полей.

Розроблено структурну схему неперервного моніторингу електромагнітної обстановки в реальних умовах експлуатації автоматизованих систем. Уточнено методику інтерпретації реєстрованих сигналів і визначення сумарних параметрів електромагнітних полів.

The flow diagram of the continuous monitoring of electromagnetic situation in the real external environments of the automated systems is developed. The method of interpretation of the registered signals and determination of integral parameters of the electromagnetic fields is specified.

Надзвичайна насиченість сучасних виробничих, адміністративних та учбових установ потужними електричними та електронними приладами, які генерують широкий спектр електромагнітних полів, потребує здійснення постійного контролю рівнів цих полів та своєчасного вживання заходів з їх зниження.

Аналіз літературних джерел свідчить, що на сьогодні існує багато приладів, які дозволяють здійснювати такий контроль на задовільному рівні. Більшість з них потребує ручного керування і використовується в основному на підприємствах із високими рівнями магнітних та електромагнітних полів. В той же час в установах, де електромагнітне навантаження не регламентується спеціальними вимогами і використовується обладнання відносно малої потужності, цьому питанню не приділяється достатньої уваги. Проте дослідження останніх років [1, 2] довели, що навіть комп'ютерна та офісна техніка, за умови її високої концентрації у приміщенні і будівлі в цілому, створює електромагнітні поля гігієнічно значущих рівнів, які значно перевищують рівні, регламентовані відповідним нормативом [3]. Дослідження показали, що за наявності у приміщеннях великої кількості нелінійних споживачів (з імпульсними блоками живлення) у мережі електроживлення з'являються незбалансовані електроструми, які генерують значні магнітні поля промислової частоти та її гармонік. Особливістю цих полів, а також полів, генерованих іншими технічними засобами, є їхні часові та просторові зміни, які

залежать від електронавантаження на обладнання та силову мережу. Таким чином, актуальною є задача неперервного контролю електромагнітних полів як в окремих приміщеннях, так і в будівлі в цілому.

Постановка задачі. Напрацювання щодо автоматичного моніторингу шкідливих фізичних факторів [5] дозволяють здійснювати неперервний контроль рівнів електромагнітних полів у оточуючому середовищі, проте існує кілька невизначених питань технічного та методичного характеру. Запропоновану у [2] структурну схему передачі інформації на автоматизоване робоче місце з охорони праці (АРМ ОП) не завжди можна реалізувати за невеликої амплітуди отримуваних сигналів (внаслідок їх затухання у лініях зв'язку). Крім того, постає питання інтерпретації результатів моніторингу, а саме: врахування напрямків полів окремих джерел, їх додавання при визначенні сумарного поля у визначеній точці простору з урахуванням частотних смуг, регламентованих чинними нормативами [3, 6]. Таким чином, потребує ретельного дослідження загальна схема отримання, передачі та оброблення інформації при здійсненні неперервного моніторингу рівнів електромагнітних полів як у окремих приміщеннях, так і в будівлях різного призначення.

Метою роботи є розроблення надійної у реальних умовах експлуатації структурної схеми реєстрації, передачі та оброблення інформації щодо рівнів електромагнітних полів у оточуючому середовищі та визначення найбільш прийнятної методики інтерпретації результатів вимірювань.

Сучасною тенденцією у використанні засобів обчислювальної техніки є створення комп'ютерних мереж і повнофункціональних автоматизованих систем, що об'єднують усі комп'ютери підприємства. З огляду на це доцільно використовувати для цілей моніторингу технічні засоби, що функціонують у таких системах. Це має сенс як з технічної, так і економічної точок зору.

Реєстрація сигналів за методикою, описаною у [5], довела, що цей метод є найбільш прийнятним і забезпечує низькі (до 3 %) відносні похибки вимірювань. Проте у реальних умовах роботи виникає кілька технічних проблем, а саме: затухання сигналу в лініях зв'язку і низькі амплітуди сигналів від датчиків магнітних полів. Використовувані ферорезонансні датчики досить прийнятні для вимірювання рівнів низькочастотних магнітних полів. Ці датчики являють собою двоконтурні котушки із зустрічною намоткою (пояс Роговського), намотані на феритові стержні з заданими властивостями. Проте їхня калібрувальна крива (залежність чутливості датчиків від частоти зовнішнього поля) має немонотонний характер. Крім того, частотні характеристики звукових карт, до яких датчики підключаються, обмежені (до 40 кГц). Сигнали (ЕРС), що генеруються у таких котушках, порівняно невеликі, тому довжина ліній зв'язку не може перевищувати 5...6 метрів, що недостатньо для багатьох реальних ситуацій.

Дослідження характеристик датчиків магнітного поля різних конструкцій показали, що найбільш прийнятними вимірювачами низькочастотних полів є модуляційні індукційні датчики з осердями з аморфних висококобальтових сплавів.

Осердя виготовляються з тонких стрічок і піддаються термічній обробці (відпалу) при температурі 300 °С, що значно підвищує магнітну проникність матеріалу осердя і робить петлю гістерезису практично прямокутною. Це сприяє лінійності змін чутливості датчиків у полях низької частоти та амплітуди.

Крім того, подача на датчик опорного сигналу певної частоти та його модуляція полями вимірюваних частот дозволяє значно розширити діапазон частот зовнішніх полів, що контролюються. Це дуже важливо з огляду на те, що один з двох контрольованих піддіапазонів електромагнітних полів, генерованих засобами обчислювальної техніки (2...400 кГц), значно ширший за можливості звукових карт персональних комп'ютерів. Для подачі опорного сигналу потрібен відповідний генератор, проте зараз для цього можна використовувати малогабаритну та дешеву мікросхему.

У структурній схемі моніторингу електромагнітних полів доцільно використовувати персональні комп'ютери, задіяні у виробничих та інших процесах, та існуючу комп'ютерну мережу. Відповідні датчики підключаються до найближчого комп'ютера, що зменшує довжину ліній зв'язку. Через концентратор інформація передається на сервер мережі або на АРМ ОП, в залежності від обсягу інформації та поставлених задач (рис. 1).

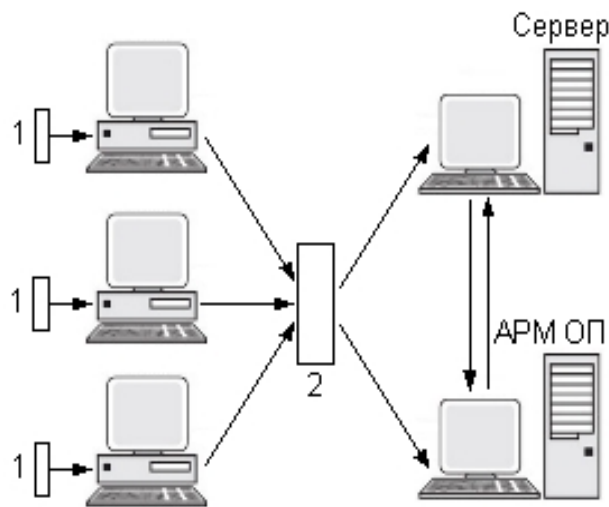


Рис. 1. Структурна схема моніторингу електромагнітної обстановки: 1 – датчики магнітного поля; 2 – концентратор

Запропонована схема більш гнучка, дозволяє збільшувати кількість точок контролю, а також, за необхідності, кількість відстежуваних параметрів (наприклад, рівнів шуму). Крім того, така схема надійніша і дозволяє здійснювати контроль у віддалених точках.

Достовірне вимірювання чисельних значень магнітних та електричних складових електромагнітних полів є важливим метрологічним аспектом загальної задачі підвищення електромагнітної безпеки. Запропонований автоматизований комплекс [5] є надійним у експлуатації та функціональним з

точки зору розв'язуваних задач. Проте інтерпретація результатів вимірювань полів від множинних джерел потребує уточнення. Як зазначалося [2], особливістю вимірювання індукції та напруженості E змінного електромагнітного поля є те, що вони визначаються повною енергією W , що переноситься через одиничну площину з напрямку, перпендикулярному цій площині. Ці величини пов'язані між собою фундаментальним співвідношенням

$$W = k \int_{-\infty}^{+\infty} E^2(t) dt,$$

де k – коефіцієнт кратності. Таким чином, для множинних джерел

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n, \text{ тобто } E^2 \sim E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2.$$

При цьому для визначення напруженості електричного поля E та індукції магнітного поля B досить вимірювання однієї з цих величин. З технічних міркувань доцільніше вимірювати чисельні значення магнітного поля. Інша величина отримується автоматичним перерахунком, як передбачено у [5], виходячи зі співвідношень

$$\mu\mu_0 H^2 = \varepsilon\varepsilon_0 E^2 \quad \text{та} \quad B = \mu\mu_0 H,$$

де μ , ε – відповідно магнітна та електрична проникності середовища; μ_0 , ε_0 – магнітна та електрична сталі; H – напруженість магнітного поля.

Вибір магнітної індукції для характеристики магнітних полів обумовлено тим, що саме цю характеристику закладено у спеціальній норматив безпечної експлуатації засобів обчислювальної техніки [3]. Наведений підхід потребує деякого уточнення. При виконанні вимірювань слід враховувати переважні просторові напрямки відповідних полів від довільно розташованих джерел. Використовувані датчики критичні до орієнтацій. Дослідження показали, що найбільш достовірний результат отримується за умови додавання результатів вимірювань у трьох координатах:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}.$$

Певні труднощі у достовірності визначення електромагнітного навантаження на експлуатаційників автоматизованих систем викликають деякі невідповідності у нормативах з експлуатації комп'ютерної техніки [3] та при роботі з джерелами електромагнітних полів [6]. Останні не поширюються на працюючих з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин, проте особливістю експлуатації автоматизованих систем є те, що значна кількість працівників задіяна у виробничих процесах, не пов'язаних з безпосередньою роботою біля моніторів. У той же час норматив [3] вимагає контролю електромагнітної обстановки у двох частотних піддіапазонах і визначає сумарні значення відповідних величин у них. Якщо з піддіапазоном 2...400 кГц не виникає труднощів у інтерпретації результатів контролю, то для піддіапазону 5 Гц...2 кГц вона неоднозначна. Відомо [4], що

силові електромережі, допоміжні пристрої створюють у робочих приміщеннях електромагнітний фон гігієнічно значущих рівнів, що регламентується нормативом [6]. У цих санітарних нормах зазначено, що змінні електромагнітні поля частотою 50 Гц нормуються за магнітною (H) та електричною (E) складовими поля. Одиницями значень цих полів є відповідно А/м та В/м. При цьому у нормативі не розглядаються вищі гармоніки промислової частоти, третя з яких (150 Гц) при живленні компонентів автоматизованих систем може за амплітудою перевищувати основну.

Електромагнітні поля частотою 1 кГц...300 МГц нормуються за інтенсивністю та енергетичним навантаженням електричних та магнітних полів, враховуючи час впливу. Одиниці виміру – $\left(\frac{A}{M}\right)^2 \cdot \text{год}$ для магнітного поля та $\left(\frac{B}{M}\right)^2 \cdot \text{год}$ для електричного поля. Таким чином, для коректного визначення фактичних параметрів полів на робочих місцях користувачів комп'ютерної техніки у піддіапазоні 5 Гц...2 кГц слід робити відповідні перерахунки. Такі перерахунки доцільно виконувати в автоматичному режимі, що закладається у програмне забезпечення автоматизованого комплексу з моніторингу фізичних параметрів виробничого середовища. Найбільш прийнятним, на нашу думку, є використання для цього результатів аналізу частотного спектра контрольованих полів.

Висновки

Аналіз напрацювань щодо технічних засобів контролю електромагнітних полів та методик інтерпретації результатів вимірювань, проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють зробити кілька основних висновків.

Моніторинг електромагнітної обстановки у робочих приміщеннях, де експлуатуються автоматизовані системи, доцільно здійснювати на неперервній основі з використанням компонентів автоматизованих систем (персональних комп'ютерів, концентраторів, ліній зв'язку тощо).

Система реєстрації, передачі та накопичення отримуваної інформації повинна бути дворівневою або трирівневою (в залежності від кількості обладнання, що перебуває у експлуатації, кількості точок контролю електромагнітної обстановки та довжини ліній зв'язку).

Коректне визначення параметрів електромагнітних полів потребує врахування переважних напрямків полів множинних джерел. Найбільш прийнятним є вимірювання амплітудних значень одного з компонентів електромагнітного поля – індукції (напруженості) магнітного поля з його подальшим перерахунком у значення електричної складової.

Нагальною потребою підвищення якісного рівня неперервного моніторингу електромагнітної обстановки є розроблення прикладного програмного забезпечення для автоматичного перерахунку інтенсивностей та енергетичних навантажень у напруженості (індукції) магнітних та електричних

полів у ультранизькочастотному діапазоні з урахуванням вищих гармонік електромагнітних полів промислової частоти.

Моніторинг електромагнітних полів, що виникають при експлуатації комп'ютерної техніки та повнофункціональних автоматизованих систем, доцільно здійснювати з використанням аналізу частотного спектра, що спрощує процедури розрахунку сумарних значень полів у визначених піддіапазонах та пошуку їх джерел.

Впровадження запропонованих заходів значною мірою сприятиме підвищенню електромагнітної безпеки і вдосконаленню технічної та методичної бази моніторингу фізичних параметрів навколишнього середовища.

1. *Обеспечение электромагнитной безопасности, устойчивости работы и электромагнитной совместимости компьютерной и офисной техники в реальных условиях ее эксплуатации / А. И. Афанасьев, О. И. Карнаух, А. А. Сергиенко, А. А. Туркевич / Под ред. А. А. Туркевича. – М.: Циклон-Тест, 2004. – 56 с.*

2. *Глава В. А. Методи забезпечення електромагнітної безпеки користувачів персональних комп'ютерів: Дис... канд. техн. наук: 05.26.01. – К.: 2006. – 156 с.*

3. *ДНАОП 0.00-31-99. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин.*

4. *Глава В. А., Вільсон О. Г., Азнаурян І. О., Левченко Л. О. Магнітні поля невиробничого походження і засоби зменшення їх впливу на людей при експлуатації автоматизованих систем // Гігієна населених місць. – Зб. наук. праць. – К.: 2007. – Вип. 50. – С. 186–189.*

5. *Пат. України № 29576, МПК G01R 29/08, G01H1 7/00. Автоматизований комплекс моніторингу фізичних параметрів виробничого середовища / Думанський Ю. Д., Запорожець О. І., Лук'яненко С. О. та ін.; Опубл. 10.01.08, Бюл. № 1.*

6. *СНП 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.*