

зв'язку та автоматизації. № 2. ГУЗ і АСУ ГШ Збройних Сил України. 2000. 5. Сакович Л. Н., Рыжаков В. А. Оценка погрешности измерений при локализации кратных дефектов // Электроника и связь, № 3, 1997. 6. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. – М.: Мир, 1984.

УДК 612.791

ВЛАСТИВОСТІ ВІБРОАКУСТИЧНИХ РАДІОМІКРОФОНІВ – ПЕРЕВИПРОМІНЮВАЧІВ

Юрій Зінковський, Євгеній Клименко

Національний технічний університет України "КПІ"

Анотація: Досліджені властивості віброакустичних радіо мікрофонів, призначених для не санкціонованого відбору мовної інформації. За принципом дії вони належать до групи радіо мікрофонів - перевипромінювачів акустичних полів мовної інформації в віброакустичні коливання, електромагнітні і квазімагнітостатичні поля. Одержані аналітичні і експериментальні результати досліджень сприяють створенню ефективних засобів системи захисту інформації.

Summary: The characteristic of radio microphones for non-authorized selection of speech information are researched. In accordance with the principles of action they belong to the group of radio microphones which transmit acoustic fields, speech information into electromagnetic and quasi magneto static scientific fields. Received analytical and experimental results of the researches promote the creation of corresponding efficient facilities of the system of technical protection of information.

Ключові слова: Апаратура технічної розвідки, несанкціонований відбір мовної інформації, віброакустичні радіо мікрофони - перевипромінювачі акустичних полів, кондуктивні і просторові канали витоку інформації, засоби системи захисту інформації.

І Вступ

Радіо мікрофони є найбільш розповсюдженими технічними засобами ведення технічної комерційної розвідки. Їх інколи називають радіо закладками, радіо капсулами. Їх розповсюдженість пояснюється передусім зручністю оперативного застосування, простотою використання (не потребують складного процесу навчання операторів і персоналу), дешевизною, відносно невеликими розмірами.

Ефективність дії радіо мікрофонів залежить від оригінальності їх конструкцій. Наскільки оригінально і вдало буде виконана конструкція, настільки ефективно буде досягнута мета застосування цих пристроїв. Віброакустичні радіо мікрофони, що досліджуються в даній роботі, засновані на використанні магнітних полів розсіювання в оточуючому середовищі і відомі в спеціальній літературі як один з найбільш досконалих їх видів, повністю дистанційної дії, не потребують проникнення операторів для їх установки на територію, що захищається (на відміну від радіо мікрофонів – радіо закладок – приладів умовно дистанційної дії, що потребують для їх установки необхідного проникнення операторів на територію, що захищається від несанкціонованого відбору мовної інформації).

Електромагнітна обстановка у приміщеннях, що захищаються, має складний характер. Якісний склад і високий рівень електромагнітного фону можуть визначати індустріальні радіо заводи магнітних полів розсіювання розповсюджених побутових агрегатів, що мають електродвигуни (холодильників, кондиціонерів і ін.). Електромагнітна обстановка особливо ускладнюється, коли до природного фону індустріальних радіо заводів долучаються високі рівні так званого високочастотного нав'язування – штучно створюваного електромагнітного випромінювання з метою несанкціонованого відбору мовної інформації апаратними засобами. Звукові коливання мовної інформації збуджують віброакустичні коливання складових частин конструкцій (наприклад металевих стінок побутових агрегатів). Останні модулюють магнітні поля розсіювання двигунів чи магнітні поля високочастотного нав'язування, створюючи просторовий канал витоку мовної інформації (рис. 1).

Одночасно мережею живлення агрегату утворюється кондуктивний канал витоку інформації. Це пояснюється тим, що віброакустичні коливання будуть змінювати магнітні поля розсіювання, а отже і індуктивний імпеданс електродвигуна та модулювати звуковою частотою струм його живлення.

II Теоретичне обґрунтування

Серед великої кількості технічних каналів витоку інформації віброакустичний посідає особливе місце. Унікальний за своєю простотою, майже побутовий, він довгий час не сприймався багатьма спецслужбами і дослідниками. У зв'язку з тим, що якраз ці канали здатні забезпечити високу ефективність прослуховування

приміщень, доцільно виконати їх теоретичне обґрунтування і на цій основі здійснити побудову відповідної системи захисту інформації.

Скориставшись законом повного струму для потоку розсіювання, створеного обмоткою електродвигуна побутового приладу (наприклад, холодильника) (рис. 1), можна записати співвідношення:

$$\oint H_p dl = I,$$

де I – струм живлення електродвигуна, H_p – напруженість магнітного поля розсіювання, dl – диференціал довжини шляху за замкнутим контуром силової лінії.

Допускаючи рівномірне розподілення магнітних силових ліній, можна записати:

$$IW = H_p l,$$

де IW – магніторушійна сила, l – довжина замкнутого контуру силової лінії, W – число витків обмотки двигуна.

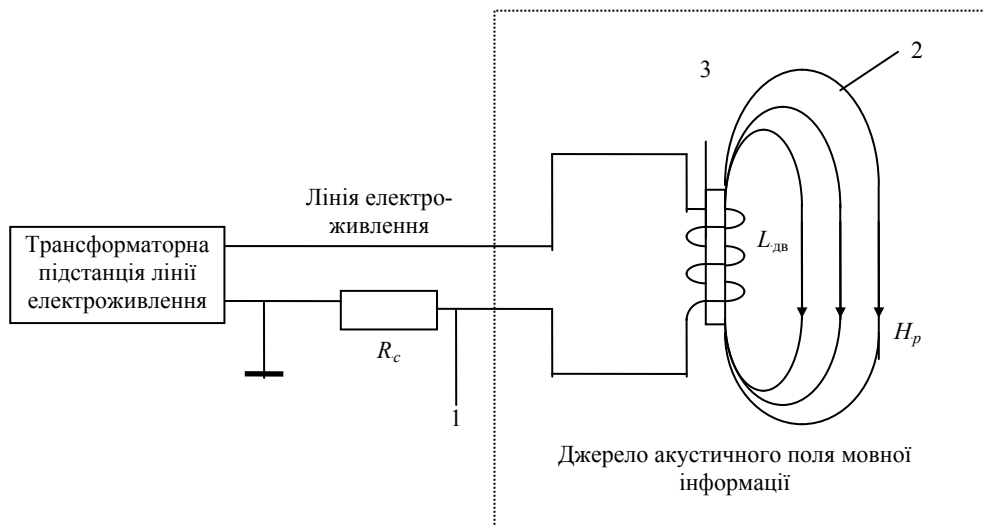


Рисунок 1– Виникнення віброакустичних кондуктивних і просторових каналів витоку мовної інформації (1 – віброакустичний кондуктивний канал витоку інформації; 2 – просторовий віброакустичний канал витоку інформації; 3 – магнітне осердя; R_c – сигнальний резистор; $L_{дв}$ – індуктивність обмотки двигуна)

Магнітний потік розсіювання

$$\Phi_p = B_p S,$$

$$B_p = \mu \mu_0 H_p,$$

де B_p – магнітна індукція, S – площа поверхні перетину по нормалі до магнітного потоку, μ_0 – магнітна стала, μ – відносна магнітна проникність.

З урахуванням закону повного струму магнітний потік розсіювання визначається як:

$$\Phi_p = \mu \mu_0 H_p S = \mu \mu_0 \frac{IW}{l} S.$$

Потокозачеплення

$$\psi_{pc} = W \Phi_p = \mu \mu_0 \frac{IW^2}{l} S,$$

а індуктивність

$$L_{дв} = \frac{\psi_{pc}}{I} = \mu \mu_0 \frac{W^2}{l} S.$$

При наявності віброакустичних коливань металевих елементів будуть змінюватись μ і $L_{дв}$ як функції поля мовного акустичного середовища приміщення, оскільки змінюється магнітний потік.

Нехай модуль імпедансу (без урахування активного опору) навантаження лінії електроживлення двигуна відносно затискачів буде $Z = \omega L_{\partial\partial}(t)$. Струм живлення $I_{жс} = \frac{E}{Z} = \frac{E}{\omega L_{\partial\partial}(t)}$ є величиною, що змінюється за законом $I_{жс} = f(t)$ мовного акустичного поля приміщення, де E - ЕРС джерела живлення.

Напруга, що виділяється на сигнальному резисторі $U_c = R_c I_{жс} = \frac{R_c E}{\omega L_{\partial\partial}(t)}$, є величиною, що містить віброакустичну складову мовного акустичного середовища у приміщенні. Віброакустичний канал є кондуктивним.

Потокозачеплення поля розсіювання і приймальної магнітної антени інформативного приймача з числом витків W_1 дорівнює:

$$\psi_e = W_1 \Phi_p = \mu \mu_0 \frac{I W W_1}{l} S.$$

Електрорушійна сила в антені приймача відповідно до закону Фарадея дорівнює:

$$e(t) = -\frac{d\psi_e}{dt} = -\frac{\mu \mu_0 W W_1}{l} S \cdot \frac{df(t)}{dt}.$$

Інтегруючи останнє рівняння, одержимо:

$$f(t) \approx -\int e(t) dt.$$

Напруга антени приймача інформації, оброблена операцією інтегрування, містить віброакустичну складову мовного акустичного середовища, тобто утворюється віброакустичний просторовий канал.

III Схема експериментального лабораторного випробувального стенда

Експериментальна перевірка віброакустичного принципу побудови радіо мікрофону з використанням магнітних полів розсіювання, а також апаратне вимірювання деяких атестаційних параметрів виконується за схемою рис. 2 з застосуванням магнітометра.

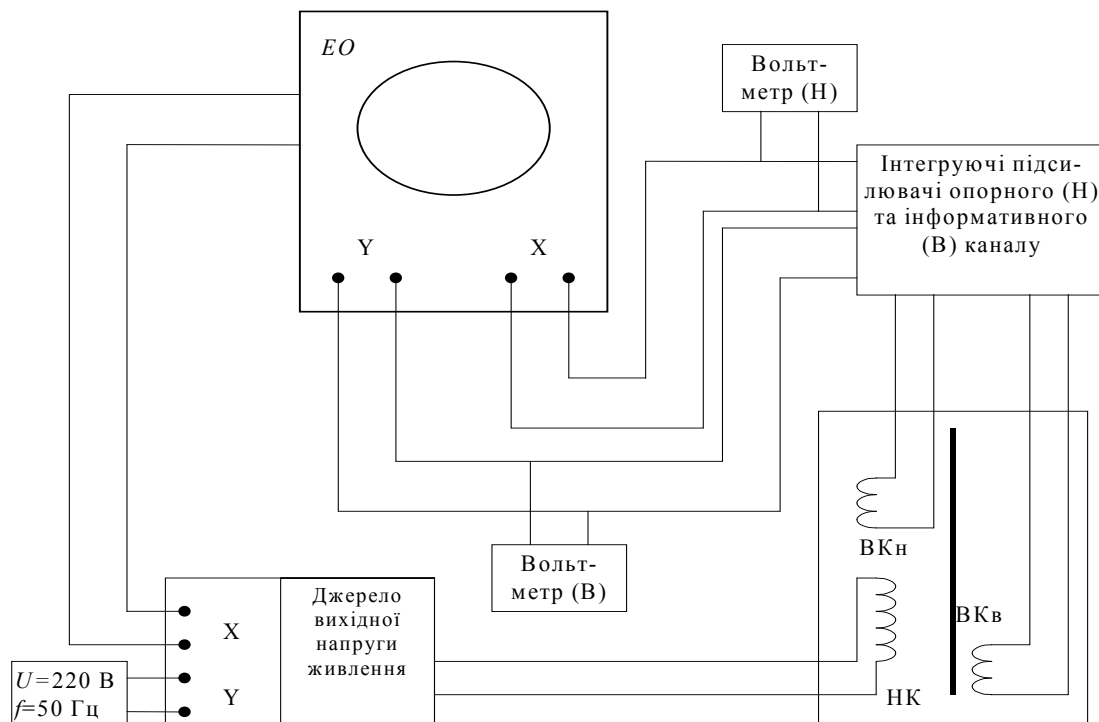


Рисунок 2 – Схема експериментальної установки
(НК – намагнічувальна котушка; ВКН – вимірювальна котушка напруженості магнітного поля;
ВКВ – вимірювальна котушка магнітної індукції; ЕО – електронний осцилограф)

Намагнічувальна котушка (НК) магніметра живиться від джерела вихідної змінної напруги живлення (U -var) з кроком перемикавання 0,5 В частотою $f = 50$ Гц. Вимірювальна котушка напруженості магнітного поля ВКн конструктивно не охоплює магнітне осердя і зв'язана з НК потокозачепленням, залежним лише від струму намагнічування. Вимірювальна котушка індукції ВКв конструктивно охоплює магнітне осердя і зв'язана з НК магнітним потоком, який залежить від геометричного положення магнітного осердя, що змінюється при виконанні дослідів. Результати експериментальних досліджень відображаються на екрані осцилографа у вигляді петлі гістерезису, а також документуються за результатами вимірювань вольтметрами даних у вигляді основної кривої намагнічування – геометричного місця точок вершин окремих симетричних гістерезисних циклів.

Еквівалентна схема цієї ділянки подана на рис. 3.

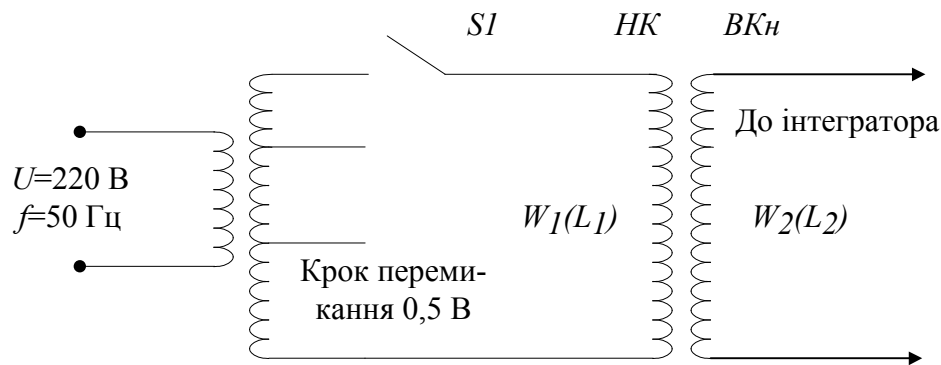


Рисунок 3 – Еквівалентна схема вмикання вимірювальної котушки напруженості магнітного поля (W_1, W_2 – число витків НК та вимірювальної ВКн котушок відповідно; L_1, L_2 – їхні індуктивності; SI – перемикач).

Потокозачеплення самоіндукції ψ_c НК дорівнює

$$\psi_c = W_1 \Phi,$$

її магнітний потік

$$\Phi = \mu_0 HS,$$

$H = H_0 \cos \omega t$ - напруженість магнітного поля, що змінюється за гармонійним законом з частотою мережі живлення. При розімкненому колі вимірювальної котушки

$$\psi_c = W_1 S \mu_0 H_0 \cos \omega t,$$

а індуктивність НК дорівнює

$$L_1 = \frac{\psi_c}{I} = \frac{W_1 S \mu_0 H_0 \cos \omega t}{I_0 \cos \omega t} = \frac{W_1 S \mu_0 H_0}{I_0},$$

де I_0 - амплітуда струму намагнічування. Модуль імпедансу котушки намагнічування $Z_{НК} = \omega L_1$, а крок перемикавання струму намагнічування, що встановлюється перемикачем S_1 , дорівнює

$$I_{\min} = \frac{U_{\min}}{\omega L_1},$$

де $U_{\min} = 0,5$ В - крок перемикавання напруги.

Рівень кроку перемикавання струму намагнічування визначає роздільну здатність експериментального визначення основної кривої намагнічування - геометричного місця точок вершин окремих гістерезисних циклів, а також магнітної проникності μ як функції віброакустичних переміщень вібродавачів - магнітних деталей агрегатів побутової техніки.

Потокозачеплення взаємоіндукції з вимірювальною котушкою ВКн дорівнює

$$\psi_B = W_2 \Phi = W_2 \mu_0 HS = W_2 \mu_0 H_0 S \cos \omega t.$$

Звідси електрорушійна сила, що наводиться у вимірювальній котушці ВКн, дорівнює

$$e = -\frac{d\psi_B}{dt} = -\frac{d(W_2\mu_0H_0 \cos \omega t)}{dt} = W_2\mu_0H_0S\omega \sin \omega t .$$

Еквівалентна схема ділянки з ВК_В подана на рис. 4.



Рисунок 4 – Еквівалентна схема вмикання вимірювальної котушки індуктивності магнітного поля (W_3, L_3 – число витків і індуктивність вимірювальної котушки магнітної індукції ВК_В)

Електрорушійна сила, що наводиться у ВК_В, дорівнює

$$e = -\frac{d\psi}{dt} .$$

Враховуючи, що $\psi = W_3\Phi$, $\Phi = BS$, $\psi = W_3BS$, $B = \mu H_0 \cos \omega t = B_0 \cos \omega t$, отримуємо

$$e = -W_3SB_0 \frac{d \cos \omega t}{dt} = W_3S\omega B_0 \sin \omega t .$$

Для спостереження результатів експерименту (граничної петлі гістерезисного циклу) на екрані осцилографа напруги вимірювальних котушок (ВКн, ВКв) апаратно інтегруються і подаються на пластини відхилення X і Y відповідно.

ІУ Виконання експериментальних досліджень

У пристрій для випробувальних зразків магнітометра вводиться (рис. 2) магнітне осердя (модель вібродатчика).

Після включення мережі живлення зміною коефіцієнта підсилення осцилографа по горизонталі X і по вертикалі Y і регулюванням струму намагнічування у котушці намагнічування отримують на екрані осцилографа граничну петлю гістерезисного циклу (рис. 5) найбільшої величини.

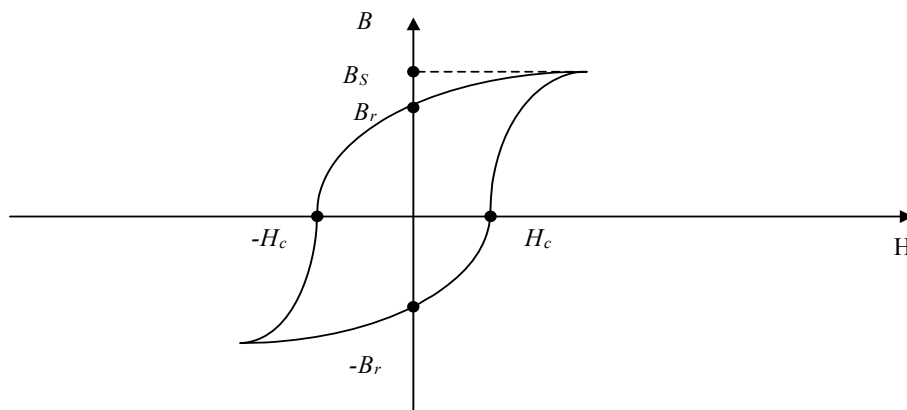


Рисунок 5 – Гранична петля гістерезисного циклу

У подальшому, не змінюючи підсилення каналів, реалізується модель віброакустичного мікрофона у

режимі відсутності віброакустичного поля мовної інформації. Взаємодія магнітного осердя і магнітного потоку розсіювання кількісно має характеризуватися сталими у часі параметрами граничної петлі гістерезисного циклу: H_c - коерцитивної сили, А/м; B_r - залишкової індукції, Тл; B_S - індукції насичення, Тл. Це параметри режиму кондуктивного і просторового каналів витоку мовної інформації вібродатчика при відсутності акустичних коливань.

У пристрої для випробувань змінюється геометричне положення магнітного осердя - вібродатчика. На екрані осцилографа спостерігається зміна кількісних значень H_c, B_r, B_S . Наявність цієї зміни свідчить про збуджений стан кондуктивного і просторового каналу витоку мовної інформації. Слідкуючи за зображенням граничної петлі гістерезису на екрані осцилографа, відшукують напрям переміщення вібродатчика, який відповідає найбільшій зміні H_c, B_r, B_S , тобто найбільшій інтенсивності перевипромінювання вібродатчика.

У напрямі переміщення вібродатчика, що відповідає найбільшому градієнту перевипромінювання (зміни H_c, B_r, B_S), будується сімейство основних кривих намагнічування (рис. 6) з параметром Δl - переміщенням вібродатчика у магнітному полі розсіювання.

За даними сімейства кривих (рис. 6), для кожної з них визначаються магнітні проникності: статичні $\mu_{cm} = \frac{B_m}{\mu_0 H_m} \sim \text{tg} \alpha$ і динамічні $\mu_\delta = \frac{\partial B_m}{\mu_0 \partial H_m} \sim \text{tg} \beta$ і будується графік (рис. 7) модуляційної характеристики вібродатчика $\Delta \mu_\delta = f(\Delta l)$, де $\Delta \mu_\delta = \mu_\delta - \mu_{cm}$.

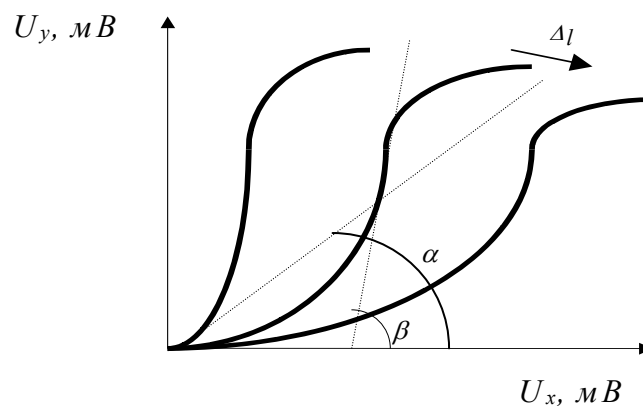


Рисунок 6 – Сімейство основних кривих намагнічування

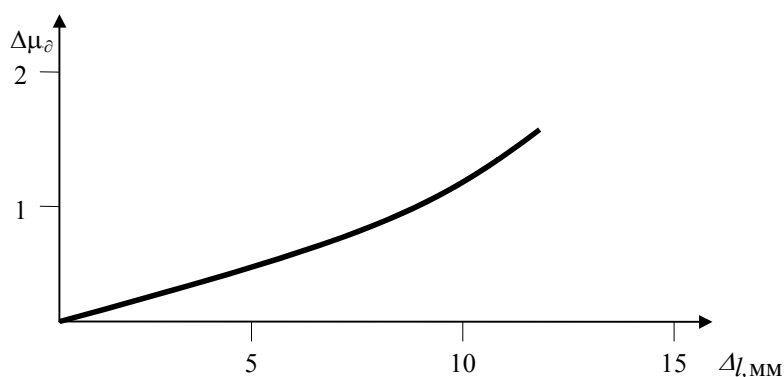


Рисунок 7 – Модуляційна характеристика вібродатчика

✓ Висновки

Перевипромінювання акустичних полів можуть бути реалізовані елементами розповсюдженої побутової техніки, наприклад кондиціонерами, холодильниками тощо.

Коливання мовної інформації збуджують віброакустичні коливання конструкцій (стінок металевих корпусів холодильників) і модулюють магнітні поля розсіювання та електромагнітні поля мережі електроживлення, утворюючи просторові і кондуктивні канали несанкціонованого витоку мовної інформації.

Дано теоретичне обґрунтування віброакустичного каналу витоку інформації. Запропоновано і обґрунтовано схему лабораторного випробувального стенду. Обговорено послідовність виконання експериментальних досліджень та обробки результатів вимірювань.

Література: Андрианов В. И., Бородин В. А., Соколов А. В. “Шпионские штучки” и устройства для защиты объектов и информации. Справочное пособие. – Лань, Санкт-Петербург, 1996 - 272 с.

УДК 681.06

МОНИТОРИНГ НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Владислав Галанский, Александр Лаврентьев, Михаил Прокофьев

НИЦ «ТЕЗИС» НТУУ «КПИ»

Аннотация: Задачи мониторинга низкочастотных магнитных полей (НМП) включают в себя два аспекта: оценку уровня биологической коллективной (личной) безопасности в конкретном помещении и выявление НМП в радио спектре, излучаемом радиотехническими средствами негласного съема информации, например, скрытой камерой. В научно-исследовательском центре систем технической защиты информации НИЦ «ТЕЗИС» НТУУ «КПИ» разработан высокочувствительный магнетометр, предназначенный для контроля фона слабых НМП в жилых и рабочих помещениях, выявления источников интенсивного магнитного излучения (источники промышленной частоты, вычислительная техника, скрытые видеокamеры и др.), аттестации рабочих мест. Представлены результаты применения данного прибора для выявления и локализации биологически опасных НМП от источников электросети и мониторов, а также результаты исследований возможности перехвата слабых магнитных полей от скрытых источников видео наблюдения.

Summary: The questions of biological and information safety are considered in the field of a low-frequency spectrum of radioradiations. The tasks of monitoring of low-frequency magnetic fields (LFMF) include two aspects: a rating of a level of biological collective (personal) safety in a concrete room and revealing LFMF in a radiospectrum, radiate by radio-technical means for private reading of the information, for example, by a latent videocamera. For authentic and qualitative measurement of weak LFMF at the Research centre of systems of technical protection of the information “Thesis” NTUU KPI is developed the high-sensitivity magnetometer. Typical applications: the general analysis of a magnetic background in inhabited and working premises, revealing of sources of intensive magnetic radiation (sources of industrial frequency, PC, latent videocameras etc.), certification of workplaces. The results of application of the given device for revealing and localization biologically dangerous LFMF from sources of the electric system and monitors, and also results of researches of an opportunity of interception of weak magnetic fields from the latent sources of videosupervision are submitted.

Ключевые слова: Магнетометр, биологическая безопасность, информационная безопасность, источники магнитных полей, выявление источников, видеокamera, монитор.

І Биологическое действие низкочастотных магнитных полей

В последние десятилетия XX века человеческая деятельность сопровождалась все более нарастающим загрязнением экосистемы и продуцированием ионизирующих и неионизирующих излучений, негативно воздействующих на биоэкосистемы, в том числе, человека. Справедливости ради следует отметить, что весь свой исторический период человечество развивалось в условиях постоянного воздействия суперпозиции всех видов излучений солнечной энергии, а также воздействия постоянного поля Земли. Поэтому организм человека в той или иной степени адаптирован ко всему спектру излучений, энергетические характеристики которых не выходят за пределы естественного фона, и только низкочастотное магнитное поле (промышленной частоты) явилось продуктом деятельности человека, к воздействию которого организм человека не имеет резистентности. Поэтому даже самое незначительное низкочастотное магнитное поле, в тысячи раз более низкое, чем постоянное магнитное поле Земли, оказывает негативное влияние на здоровье человека. Человеческий организм оказался не готовым к этому виду воздействия.

Из всех видов полей наименее исследованным с точки зрения воздействия на человеческий организм является низкочастотное магнитное поле (НМП). Воздействие низкочастотного магнитного поля на биоэкосистему стало данью современному техническому прогрессу и все более широкому и интенсивному применению энергоемких технологий на производстве и в быту.