

ПІДХІД КРАЇН ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ ДО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

E.M.Грудзінський¹, В.О.Нічога²

¹Вроцлавська політехніка, Інститут телекомунікації, телеінформатики й акустики, Лабораторія мір і метрології електромагнітного поля
Польща, Вроцлав, вул. Виспянського, 27
E-mail: eugeniusz.grudzinski@pwr.wroc.pl
²Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України
Україна, Львів, вул. Наукова, 5
E-mail: nich@ipm.lviv.ua

У роботі подано огляд змін у нормативах країн Європейського Союзу, що стосуються безпеки і гігієни праці в електромагнітних полях, а також охорони населення від впливу цих полів.

Вступ. Зростання кількості джерел випромінювання призводить до того, що ми щораз частіше менш чи більш свідомі того, що знаходимся під їх впливом. Останні кільканадцять років для радіоелектроніки – це перш за все великий прогрес у сфері телекомунікаційних систем. Поруч зі швидким розвитком мережі станцій мобільного зв'язку в такому ж темпі починає заповнюватись прогалина, утворена кілька років тому мобільними системами радіозв'язку, так званим транкінговим зв'язком між різноманітними службами для зв'язку між базовою станцією та мобільними абонентами. У діапазоні частот 0,1 – 300 МГц головними джерелами електромагнітного випромінювання є пристрой-радіозв'язку такі як радіо- і телепередавачі, радіотелефони і їх базові підстанції, а також промислові пристрой, такі як нагрівачі, в тому числі високочастотні, установки для діатермії і т.д. Але найбільшими джерелами випромінювання, зважаючи на широку смугу, є мікрохвильові випромінювання (300 МГц – 300 ГГц): телепередавачі, радіолінії, радіотелефони, мобільний зв'язок, мікрохвильові печі і УВЧ нагрівачі, радіолокаційні станції.

При виявленні нових джерел випромінювання, обов'язковою умовою є

визначення рівня поля, яке може виникати на місці праці, або перебування осіб, що професійно вимушенні бути на цьому місці, або сторонніх осіб. Для відомих стандартних телекомунікаційних систем найчастіше застосовуються числові обчислення, верифіковані, звичайно, в абсолютній більшості випадків проведеними вимірюваннями. Але разом з існуючими програмами, які дають можливість теоретично проаналізувати і визначити допустимо безпечні (згідно з існуючими нормативами) рівні електромагнітного поля, існують випадки невідомих випромінюючих структур у безпосередньому оточенні, або інших пристройів, відомості про випромінювання яких не підтверджуються, що вимагає проводити експериментальні дослідження.

У більшості випадків детальні дані про електромагнітне поле (ЕМП) пристройів і ліній радіокомуникацій невідомі або змінні в часі, що впливає на умови поширення. Незважаючи на численні пропозиції відмовитись для стандартних телекомунікаційних систем від необхідності проведення контрольних вимірювань, чинне законодавство на щастя вимагає, щоб дозвіл на їх застосування був виданий тільки після проведення експериментальних вимірювань [1].

В цілому це повинно враховувати факт, що повсюдне використання всіх нових піддіапазонів частот і зростаюча кількість засобів випромінювання в цілому діапазоні призводить до того, що ми все частіше, більше чи менше усвідомлюючи це, знаходимся під їхнім впливом, причому часто під шкідливим впливом з точки зору нормативів.

У роботі подано огляд змін у нормативах безпеки і гігієни праці в ЕМП, а також охорони населення від небажаного впливу полів.

Галузь вимірювань ЕМП є однією з найменш досліджених галузей метрології, чого не здатні зрозуміти творці правил і законів про охорону праці в усьому світі. Досі немає прямого методу визначення ЕМП, тобто шляхом порівняння з полем з відомими параметрами. Всі методи – непрямі і базуються на вимірі таких фізичних величин як, наприклад, напруга, струм, температура, час, відстань тощо. Крім того, у мірах ЕМП прагнуть до створення якомога більшого зразкового

об'єму (ЕМП з великою однорідністю в вимірюваному об'ємі), наприклад камери з хвилею ТЕМ, кільця Гельмгольца і т.д. На жаль, це не відповідає типовим джерелам ЕМП у довкіллі, вимірювання яких здійснюються вимірювачами напруженості ЕМП, відкалиброваних на таких мірах. Сама специфіка створення і вимірювання зразкових ЕМП створює багато труднощів при визначенні похибки зразкового ЕМП. Це викликане різними причинами, які впливають на випадкову похибку, з яких не всі піддаються статистичному аналізу чи аналітичному розрахунку навіть на стендах з первинними еталонами. У метрології для визначення ЕМП застосовують різноманітну вимірювальну апаратуру з різними давачами або різними методами вимірювання. Виходячи з цих вимірювань проводяться більш або менш далекосяжні дослідження біологічних і технічних об'єктів і встановлюються відповідні нормативи. Ці обов'язкові нормативи встановлюють допустимі рівні ЕМП з точністю, яка значно вища за можливості вимірювань. У Польщі існують два незалежні нормативи, що відносяться до професійного опромінювання і охорони середовища або населення від шкідливого впливу ЕМП. Також існує пропозиція розширення стандарту для охорони середовища на професійне опромінювання як пропозиція Польщі, оголошена на кількох міжнародних форумах. Одночасно в різних районах Європи і світу з'являється щоразу нова інформація на тему шкідливого впливу ЕМП зі значно нижчим рівнем, ніж це вважалося досі. Це веде часто до неможливості порівняти результати як вимірювань, так і впливів ЕМП. Першим джерелом похибок є міри ЕМП, в яких калібрується контрольно-вимірювальна апаратура, що використовується на різних біологічних і технічних об'єктах та в присутності інших джерел ЕМП. Це кидає тінь на розроблені в кабінетах нормативи,

Нормативи. Правила, що обов'язкові в Польщі щодо ЕМП поділяються на пов'язані з охороною праці і охороною середовища [2]. Межі охоронних зон які відносяться до охорони праці розпорядженням Міністра праці й соціальної політики від 02.01.2001 р. замінено розпорядженням про допустимі випромінювання, шкідливі для

здоров'я в місцях праці. Ці норми від показано в таблицях 1, 2, 3 [2].

Згідно з [3] контрольні вимірювання електромагнітного неіонізуючого випромінювання треба додатково проводити в житлових будинках, на балконах, терасах, де можуть перебувати люди. У помешканнях будинків, що знаходяться в оточенні небезпечних об'єктів і устаткування вимірювання проводять:

1) всередині помешкання на висоті від 0,3 м до 1,8 м над рівнем підлоги,

2) у площині вікна, що знаходиться з боку джерела неіонізуючого електромагнітного випромінювання,

3) на відстані не менший 0,3 м від місць розташування телефонів, радіо- та телеприймачів, кабельного телебачення, інших мультимедійних систем та іншого електричного, нагрівального і водогінного устаткування.

Для кращої ілюстрації допустимих границь випромінювання ЕМП у довкіллі на рис. 1 представлено залежність обох складових поля E і H як функцій частоти.

На сьогодні існує спроба частково долучити їх до норм, обов'язкових в Євросоюзі. Інститут медицини праці в Лодзі запропонував норматив для електричного поля, у якому [4]:

1) вважається, що в діапазоні до 1 МГц величиною, пов'язаною з утворенням ефектів загрози для здоров'я, у випадку електричного поля є індукційний струм (густота струму), що діє на оболонки, а на частотах вищих від 1 МГц – питома потужність поглинання SAR, Вт/кг.

2) опромінювання електричним полем розділяється на професійне і для населення;

3) для професійного опромінювання виділяються дві зони коло джерела ЕМП – зона небезпечна, перебування у якій є заборонене і зона загрози, перебування в якій обмежене в часі;

4) у зоні професійної загрози можуть перебувати тільки особи, у яких після медичного огляду не виявлено протипоказань для роботи в зоні ЕМП;

5) нижня границя зони виробничого (загрозливого) є одночасно верхньою межею опромінювання для населення, у якій час перебування не обмежений;

6) за максимальний рівень напруженості електричного поля для професійного

Таблиця 1 – Межі охоронних зон

Назва області:	Напруженість електричного поля	Напруженість магнітного поля
безпечна / середня	$E_0(f) = E_1(f)/3$	$H_0(f) = H_1(f)/3$
середня / загрозлива	$E_1(f)$	$H_1(f)$
загрозлива /небезпечна	$E_2(f)=10E_1(f)$	$H_2(f)=10H_1(f)$

Таблиця 2 – Границі значення електричної складової E_1 і енергетичної експозиції по електричній складовій D_{dE} в різних частотних діапазонах

	Частотний діапазон	$E_1(f), \text{ В/м}$	$D_{dE}(f)$
1	$0 \text{ Гц} \leq f \leq 0.5 \text{ Гц}$	20 000	$3200 (\text{kV/m})^2 \text{ год}$
2	$0.5 \text{ Гц} < f \leq 300 \text{ Гц}$	10 000	$800 (\text{kV/m})^2 \text{ год}$
3	$0.3 \text{ кГц} < f \leq 1 \text{ кГц}$	$100/f$	$0.08/f^2 (\text{kV/m})^2 \text{ год}$
4	$1 \text{ кГц} < f \leq 3 \text{ МГц}$	100	$0.008 (\text{kV/m})^2 \text{ год}$
5	$3 \text{ МГц} < f \leq 15 \text{ МГц}$	$300/f$	$0.72/f^2 (\text{kV/m})^2 \text{ год}$
6	$0.015 \text{ ГГц} < f \leq 3 \text{ ГГц}$	20	$3200 (\text{В/м})^2 \text{ год}$
7	$3 \text{ ГГц} < f \leq 300 \text{ ГГц}$	$0.16f + 19.5$	$(f/2 + 55)^2 (\text{В/м})^2 \text{ год}$

Таблиця 3 – Границі значення магнітної складової H_1 і енергетичної експозиції по магнітній складовій D_{dH} в різних частотних діапазонах

	Частотний діапазон	$H_1(f), \text{ А/м}$	$D_{dH}(f)$
1	$0 \text{ Гц} \leq f \leq 0.5 \text{ Гц}$	8 000	$512 (\text{kA/m})^2 \text{ год}$
2	$0.5 \text{ Гц} < f \leq 50 \text{ Гц}$	200	$0.32 (\text{kA/m})^2 \text{ год}$
3	$0.05 \text{ кГц} < f \leq 1 \text{ кГц}$	$10/f$	$800/f^2 (\text{A/m})^2 \text{ год}$
4	$1 \text{ кГц} < f \leq 800 \text{ кГц}$	10	$800 (\text{A/m})^2 \text{ год}$
5	$0.8 \text{ МГц} < f \leq 150 \text{ МГц}$	$8/f$	$512/f^2 (\text{A/m})^2 \text{ год}$
6	$0.15 \text{ ГГц} < f \leq 3 \text{ ГГц}$	0.053	$0.022 (\text{A/m})^2 \text{ год}$

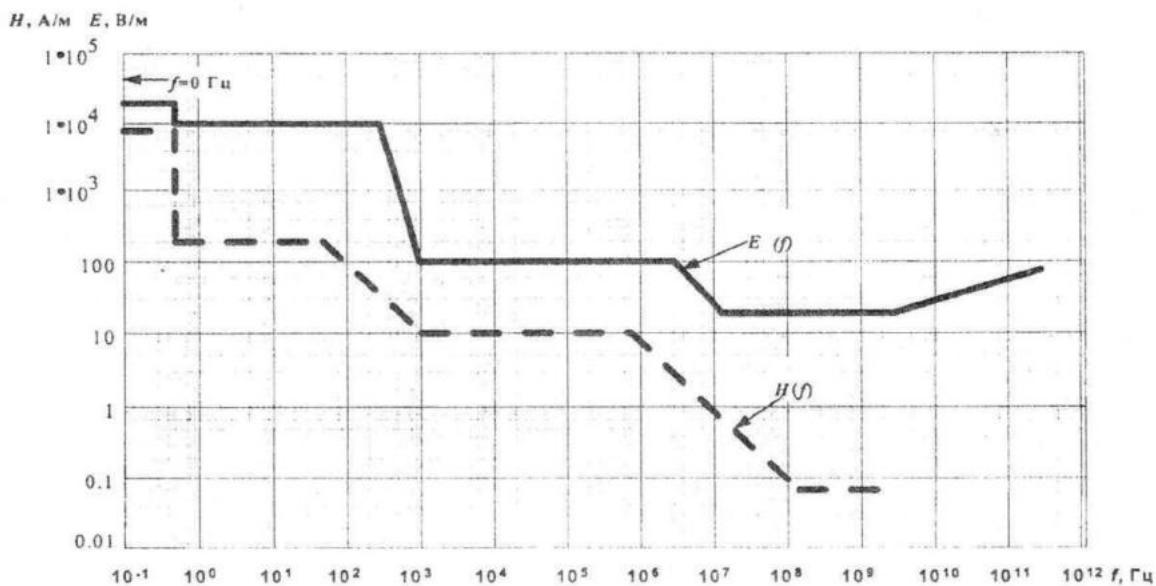


Рис. 1 – Графіки охоронних зон для електричної E і магнітної H складових ЕМП

опромінювання пропонується прийняти норматив Міжнародної комісії по радіаційному захисту населення від неіонізуючої радіації (ICNIRP) [15,16]. При цьому подані там середні величини з періоду усереднення (6 хв. або $68/f^{1.05}$ залежно від частотного діапазону) слід визнати за максимальні значення;

7) запропоновано, щоб нижнє значення зони професійного опромінювання в діапазоні понад 1 MHz визначалося, спираючись на досі застосовувану в польських нормативах правило стабільності дозування:

допустима доза

$$D_d = E^2_{ICNIRP} \times 6 \text{ хв}$$

значенням нижньої межі зони загрози

$$E = \sqrt{D_d / 8h}$$

Очевидно допустимий час знаходиться на верхній межі: максимально 6 хв.(0,1 год), а на нижній 8 год.

8) оскільки стимуляційна дія струму не залежить від часу, то для електричних полів

до 1 MHz немає необхідності обмеження в часі, а тільки величини напруженості поля;

9) припускається, що для електричних полів до 1 MHz значенням нижньої границі опромінювання в професійній зоні належить встановити спираючись на значення верхньої границі цієї зони (значення ICNIRP) так, щоб відбулося „зшивання” з кривою, що обов’язкова для полів з частотами вищими від 1 MHz (практично це виконується з використанням вище вказаних доз (пункт 3) (які у цьому випадку мають тільки математичний сенс).

Попередній аналіз отриманих таким чином величин, проведений з урахуванням непрямого ефекту (індуктування струму в металевих предметах, який при дотику може викликати рефлекс страху, що може привести до аварії), підтверджує добрий збіг з спостережуваними явищами [5];

10) згідно з пропонованою кривою нижня границя зони загрози (або допустиме значення для населення) для частоти 1 MHz становить 61 В/м.

У таблиці 4 представлено дані, що стосуються пропонованих допустимих значень напруженості електричного поля і правил перебування у визначених зонах.

Таблиця 4 – Допустимі значення напруженості електричного поля в окремих смугах частот [4]

Частота f	Зона професійного опромінювання (загрозлива)			Зона опромінювання населення (безпечна)	
	E_{max} , В/м	E_{min} , В/м	Допустимий час перебування, год	E_{max} , В/м	Умови перебування в полі
0 – 25 Гц	20000	2240	8	2240	Без обмежень
25 – 820 Гц	500/ f	56/ f		56/ f (*)	
820 Гц – 1 MHz	610	61		61	
1 – 10 MHz	610/ f	61/ f		0,1(610/E) f^2	
10 – 400 MHz	61	6,1		0,1(61/E) f^2	
400 – 2000 MHz	$3\sqrt{f}$	$0,3\sqrt{f}$		$0,1f(3/E)^2$	
2 – 300 ГГц	137	13,7		$0,1(137/E)^2$	
				13,7	

де Е – вимірюне значення (знаходиться в межах від E_{min} до E_{max});

(*) для 50 Гц допустиме значення для населення зростає до 10 кВ/м у недоступних місцях (наприклад, зарослі, кущі);

(**) для частоти мобільної телефонії допустиме значення у місцях постійного перебування людей (8 або більше годин) знижується до значень, що узгоджуються з нині чинними нормами для довкілля.

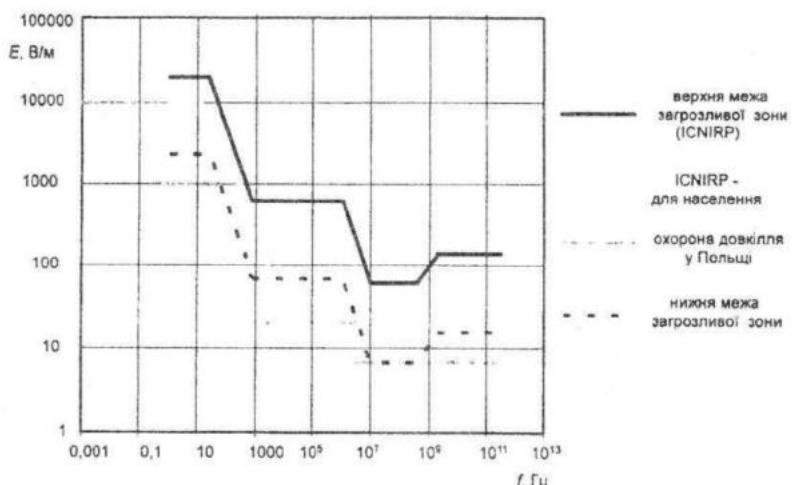


Рис. 2 – Графіки пропонованих меж охоронних зон для електричної складової ЕМП в охороні праці і довкілля

На рис. 2 представлено значення пропонованого нормативу з зазначенням обов'язкових норм для населення (у Польщі та Європейському Союзі). Штрихова крива є одночасно пропозицією щодо нормативу для опромінювання населення [4].

Контрольно-вимірювальна апаратура. Разом з розвитком технологій, що використовують ЕМП, внаслідок зацікавлення людей як виробники, так і споживачі ініціюють дослідження впливу цього поля. Інститут телекомунікації і акустики Вроцлавської політехніки зі своєї сторони намагається бути ініціатором розв'язання технічних задач з точки зору метрології, щоб дати можливість технічним службам і тим, хто проводить біологічні і медичні дослідження, можливість оснащення апаратурою, відповідною цьому виду дослідження впливу ЕМП.

Прикладом, що це підтверджують, можуть бути проведені роботи по розробці вимірювача електричного і магнітного полів, що дозволяє проводити вимірювання в усьому звуковому діапазоні частот від 10 (20) Гц –20 кГц при існуючих нормативах.. Це відноситься і до інших діапазонів частот. Тепер впроваджені нові норми, і тільки зараз розширяється охоронний діапазон, підтверджуючи тим самим шкідливий вплив поля вище 50 Гц, який лінійно збільшується разом із зростанням частоти (див. табл. 2 і 3).

Останні роки – це період бурхливого розвитку мобільного зв'язку, яким у Польщі користується понад 10 млн. осіб при покритті площи країни близько 98%.

Разом з розвитком мобільного зв'язку стає актуальною суперечлива версія шкідливого впливу на людину і середовище ЕМП, яке вилпромінюють системи мобільного зв'язку. Антени базових підстанцій, які видно (завдяки способу встановлення) на дахах або поблизу житлових будинків, створюють побоювання мешканців перед невидимим і невідомим вилпромінюванням (особливо після наслідків опромінювання, спричиненого аварією на Чорнобильській АЕС).

Теперішні знання на тему цього імовірного шкідливого вилпромінювання є все ще дуже поверховими. Це породжує побоювання, що шкідливі наслідки могуть бути навіть тоді, коли рівень вилпромінювання є значно менший від визначеного на цей час допустимого і безпечного. Це є тим більше вмотивоване, бо відомі деякі механізми, що стосуються як способів встановлення (прийняття) зобов'язуючих рівнів найвищих допустимих напруженостей (НДН), так і отримання результатів досліджень, які залежать від спонсорів (а той, хто платить, чекає найчастіше результатів, які його задовільняють). Невпинний тиск з боку громадської думки, призводить до того, що проблематика охорони від можливого шкідливого впливу ЕМП, у тому числі створюваного мобільними телефонами, викликає великий інтерес не тільки в Польщі. Про це свідчать формульовані в деяких західних країнах вказівки щодо обережного підходу до вибору розташування базових станцій поблизу

шкіл, лікарень, і навіть помешкань, а також запроваджені в Австрії та Швейцарії спроби дуже сувороого обмеження рівня опромінювання в міському середовищі до рівня у 100 разів меншого, ніж вимагають це правила чинні в Польщі.

Лабораторія мір і метрології ЕМП Вроцлавської політехніки займається розробкою переносної контрольно-вимірювальної апаратури [6], нових методів утворення і вимірювання взірцевих ЕМП, порівнянням мір і схем випромінювання в широкому діапазоні частот [7].

Аналогічні дослідження проводяться в лабораторії первинних вимірювальних перетворювачів Фізико-механічного інституту Національної академії наук України [11-14, 16]

На світовому ринку присутні дуже різноманітні вимірювачі і працюючі з ними вимірювальні зонди. Часто брак

методологічної узгодженості і нестача деяких даних, що вказують виробники (наприклад, мінімальних вимірювальних відстаней у безпосередньому оточенні первинних або вторинних джерел поля) є причиною появи значних помилок у вимірюваннях. У таблиці 5 представлено приклади вимірювань, проведених у різних лабораторіях і різними вимірювачами. Вимірювання напруженості поля виконано в одних і тих же точках на висоті 1,5 м над рівнем землі (рис. 3). Збіг результатів вимірювань усіма вимірювачами спостерігається тут тільки на відстані від джерела ЕМП понад 80 м. А для відстані близько 10 м різниця доходить до 20 разів (2000%).

Суттєвим тут є прийнятий вид вимірювального давача і калібрування (атестація) вимірювача.

Таблиця 5 – Результати порівняльних вимірювань

Відстань від передавальної антени, м	Напруженість поля у В/м, визначена на однаковій від джерела поля:			
	зондом АЕ-НР з вимірювачем типу МЕН-1 (Польща)	антеною RAL-5 з вимірювачем типу LMZ-5 (Польща, Німеччина)	антеною типу ВВН-1100 (США)	антеною типу ADA-120 (США)
10	5,8	1,5	1,0	0,3
20	1,6	1,0	0,7	0,15
40	0,6	0,5	0,46	0,1
80	0,25	0,23	0,267	0,237
200	0,1	0,09	0,113	0,08

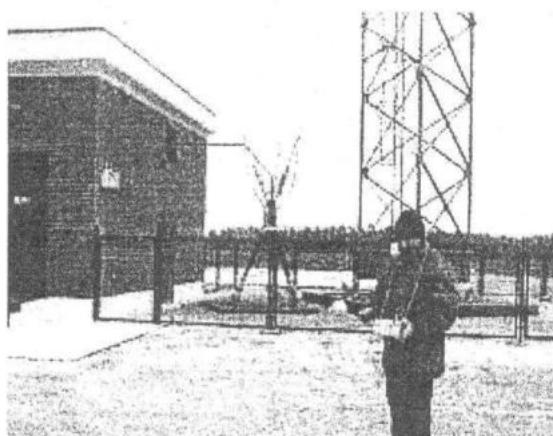
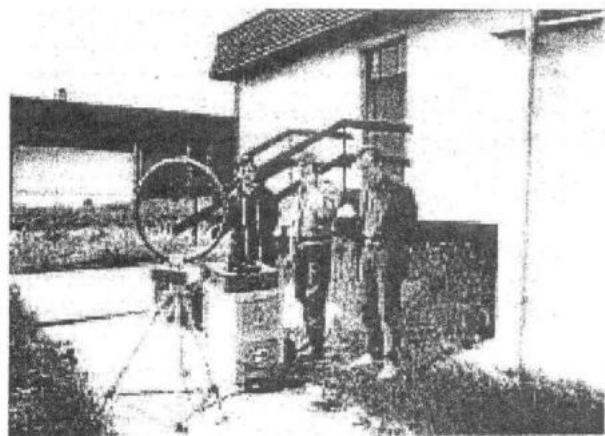


Рис. 3 – Приклади використання різноманітної апаратури для визначення ЕМП у безпосередньому оточенні передавальних антен

Міри електромагнітного поля. Перевірка результатів теоретичних розрахунків експериментальними роботами у галузі метрології поля потребують оперувати ЕМП з відомими параметрами, так званими мірами ЕМП. Дослідження зі створення взірцевих ЕМП, а також побудова відповідних комплектів мір ЕМП, повинні випереджати експериментальні дослідження в галузі метрології. В результаті в Лабораторії мір і метрології Інституту телекомунікації і акустики Вроцлавської політехніки було проведено ряд унікальних робіт по створенню первинних і вторинних мір поля і джерел ЕМП та різних пристрій, призначених для перевірки, калібрування, атестації та ряду інших досліджень об'єктів, зондів і вимірювачів ЕМП

Лабораторія мір і метрології ЕМП Вроцлавської політехніки є однією з семи лабораторій світу, яка представила розроблені і виготовлені міри ЕМП на міжнародне порівняння взірців ЕМП (єдина лабораторія зі Східної Європи), яке було організоване під егідою Міжнародної організації мір і ваг і Національного бюро стандартів (NBS), а зараз NIST (National Institute of Standards and Technology) в м. Боулдер, штат Колорадо, США [8]. Похиби первинних мір ЕМП Вроцлавської політехніки представлено в таблиці 6. Відзначимо значне зростання похибки взірцевого ЕМП з ростом частоти. Подібний ефект зростання похибки взірцевих мір при збільшенні частоти спостерігався і інших учасників міжнародного порівняння взірців ЕМП.

Таблиця 6 – Параметри деяких мір, розроблених у Вроцлавській політехніці

Складова і джерело взірцевого поля	Максимальні значення напруженості поля	Смуга частот, МГц	$\delta[\%]$
Поле E, антени штирова, слабкі поля	100 мВ/м	0.01–30	± 5
Поле E, антени рамочні, слабкі поля	100 мВ/м	0.01–30	± 4
Поле H, різні давачі, сильні поля	1 кА/м	0–30	± 10
Поле E, антени дипольні, слабкі поля	100 мВ/м	30–300	± 5
Поле E, антени дипольні, слабкі поля, вторинний взірець	100 мВ/м	30–300	± 7
Поле E, антени дипольні і спрямовані, слабкі поля	1 В/м	300–1000	± 8
Поле E, антени дипольні і спрямовані, слабкі поля, вторинний взірець	1 В/м	300–1000	± 10
Поле E, взірець передавальний, сильні поля	50 В/м	0.01–30	± 5
Поле E, взірець передавальний, сильні поля	50 В/м	30–300	± 7
Поле E і H, лінія TEM	25 кВ/м	0–30	± 5
Поле E і H, лінія TEM	1 кВ/м	0–1000	± 8
Поле S, антени дипольні і спрямовані	50 Вт/м ²	1000–10000	± 15
Поле S, антени спрямовані	10 Вт/м ²	10000–20000	± 25
Поле S, антени спрямовані	5 Вт/м ²	20000–40000	± 35

Висновки. В Інституті телекомунікації і акустики Вроцлавської політехніки проведено аналіз теоретичних і експериментальних досліджень структури ЕМП в оточенні первинних і вторинних джерел випромінювання. Для практичної реалізації таких досліджень потрібна контрольно-вимірювальна апаратура, яка дозволяє визначити складові ЕМП у зоні Френеля. З цією метою:

- проведено дослідна верифікація і теоретичний аналіз, що відносяться до оцінки похибки вимірювань поля в оточенні джерел випромінювання з визначенням обмеження розмірів давачів у залежності від частоти і вимірювальної відстані;
- проаналізовано роль факторів, що обмежують точність вимірювань;
- запропоновано, проаналізовано і впроваджено методи, що дозволяють

формувати характеристики вимірювальних зондів;

– створено лабораторію мір ЕМП, яка необхідна на всіх етапах робіт з метрологією поля. Цій лабораторії належить чільне місце у світовій співпраці з порівняння мір ЕМП;

– проведено багато польових досліджень на різних об'єктах, які показали, що опрацьована вимірювальна апаратура має повну придатність для проведення досліджень інспекційно-контрольного і науково-дослідного характеру;

– параметри створеної апаратури повністю пристосовані до потреб споживача в залежності від специфіки застосування;

– опрацьовано спеціальні процедури обчислень і комп'ютерної симулляції ЕМП, що дають можливість визначення охоронних зон в оточенні типових джерел [10].

Незважаючи на розвиток комп'ютерної техніки і надалі для багатьох джерел телекомунікаційних і антенних систем неможливе точне аналітичне визначення рівнів ЕМП. Це твердження виходить з факту, що у багатьох випадках відсутні дані випромінювання радіокомуникаційних систем у їх безпосередньому оточенні, зміни їх ЕМП у часі, що значно впливає на умови розповсюдження, а в результаті на рівень діючої напруженості ЕМП. Це стосується як джерел мікрохвильових хвиль, так і довгих хвиль, де прикладом впливу ЕМП на джерела може бути безпосереднє оточення їх лініями високої напруги, лісосмугами, нерівними поверхнями тощо.

Це стосується також і експериментів з визначення шкідливого впливу ЕМП як на людей і тварин, а також і впливу на технічні об'єкти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Instrukcja 00-01 (1994). Projektowanie i eksploatacja nadawczych stacji radiowych i telewizyjnych Telekomunikacji Polskiej S.A. z punktu widzenia ochrony ludzi i środowiska przed negatywnym wpływem pól elektromagnetycznych, Warszawa 1994.

2. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2.01.2001r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych

stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz. U. Nr 4 z dnia 23. 01. 2001 r. poz. 36.

3. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 11 sierpnia 1998 r. w sprawie szczegółowych zasad ochrony przed promieniowaniem szkodliwym dla ludzi i środowiska, dopuszczalnych poziomach promieniowania, jakie mogłyby występować w środowisku, oraz wymagań obowiązujących przy wykonywaniu pomiarów kontrolnych promieniowania (Dz. U. Nr 107 z 1998 r., poz. 676).

4. Zmyśloni M. Propozycja normatywu dla pola elektrycznego, Instytut Medycyny Pracy, Łódź, luty 2005.

5. Gandhi O.P., Chatterjee I.: Radio-frequency hazards in the VLF to MF band. Proceedings of the IEEE, Vol. 70, No. 12, 1462-1464, 1982.

6. Uniwersalny szerokopasmowy miernik natężenia pola elektromagnetycznego typu MEH – instrukcja obsługi (10 Гц – 40 ГГц). Politechnika Wrocławskiego 2004.

7. Grudziński E., Wytwarzanie i pomiar wzorcowych pól elektromagnetycznych. Monografia, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej z serii Biblioteka Kompatybilności Elektromagnetycznej, Wrocław 1998 (praca habilitacyjna).

8. Grudziński E., Trzaska H.: EM –Field Standards and their Comparison (In Memoriam of Prof. Matohisa Kanda), XXVIIth General Assembly of the International Union of Radio Science. URSI Maastricht, the Netherlands, 17 Aug - 24 Aug, 2002. 1706 URSI 2002, p0574. Wiley, cop. 2002.

9. Grudziński E., Rozwalka K.: Szerokopasmowe pomiary pola magnetycznego w ochronie pracy i środowiska - stan dotychczasowy i najnowsze trendy, Przegląd Elektrotechniczny nr 2/2004, ss. 81-88.

10. Grudziński E., Wójcik D., Prognozowanie narażeń elektromagnetycznych w polu bliskim anten stacji bazowych GSM. Krajowa Konferencja Radiokomunikacji Radiofonii i Telewizji (KKRRiT), Warszawa, 16-18 czerwca 2004.

11. В.О. Нічога, П.Б. Дуб, Е.М. Грудзінський, Л.І. Сопільник, С.В. Каракай Вимірювальні прилади і системи для моніторингу електромагнітного техногенного забруднення навколошнього середовища // Системы контроля

- окружающей среды. Сборник научных трудов. Морской гидрофизический институт НАНУ. – Севастополь, 2004. – С. 15–24.
12. Vitalij Nichoga, Eugeniusz Grudzinski, Petro Dub, Ihor Isayev Calculation and Measuring of Electromagnetic Fields in Near Zone // Proceedings of VIII International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED'2003). Lviv, Ukraine, September 23-25, 2003. – P. 202–207.
13. В. А. Ничога, Л. И. Сопильник, Э. Грудзинский, Л. А. Янковская, П. Б. Дуб, Л. П. Дикмарова Сравнительная оценка предельно допустимых уровней влияния техногенных электромагнитных полей, нормированных в Украине, России и Польше // Сборник научных докладов V Международного симпозиума по совместимости и электромагнитной экологии (ЭМС-2003), 16-19 сентября 2003. – С.-Петербург: Розсип. – С. 381–384.
14. В. О. Нічога, Л. І. Сопільник, Е. Грудзінський, П. Б. Дуб, С. В. Каракай Особливості вимірювання електромагнітних полів під час визначення рівнів техногенного випромінювання // Відбір і обробка інформації. 2004. Вип. 20 (96). – С. 58–63.
15. Ю.Г. Григорьев, В.С. Степанов, О.А. Григорьев, А.В. Меркулов Электромагнитная безопасность человека (справочно-информационное издание). Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения, 1999. – 150 с.
16. Нічога В., Сопільник Л., Дуб П. Гармонізація стандартів східно європейських країн по гранично допустимих рівнях електромагнітних полів // Вимірювальна техніка та метрологія. 2002. Вип. 61. – С. 33–43.