

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА НЕБЕЗПЕКА ЕЛЕКТРО- І ГІБРИДНОГО ТРАНСПОРТУ

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Метою статті є визначення впливу електромагнітного випромінювання автомобілів з електроприводом. Гібридні та електричні автомобілі випромінюють надзвичайно низькочастотне електромагнітне випромінювання (ЕМВ), або магнітні поля. Дослідження рівнів ЕМВ, які випромінюють автомобілі, показують, що вони загрожують здоров'ю людині. Результати вимірювань магнітної індукції автомобілів із двигуном внутрішнього згоряння, електромобілів та гібридних автомобілів підтверджують, що індукція магнітного поля в електромобіля вдвічі більша, ніж у автомобіля із двигуном внутрішнього згоряння і не залежить від швидкості руху. Індукція магнітного поля у гібридного автомобіля більша ніж у електромобіля і має тенденцію до залежності від швидкості руху. Індукція магнітного поля при зовнішній зарядці електромобіля в салоні значно менша ніж при русі. Середнє значення індукції магнітного поля в салоні електромобіля $= 0,85 \pm 0,18$ мкТл; коефіцієнт покриття $K = 2$ за довірчої ймовірності $P = 0,95$. Індукція магнітного поля у електромобіля вдвічі більша ніж у автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння і не залежить від швидкості руху. Середнє значення індукції магнітного поля в салоні гібридного автомобіля $= 1,28 \pm 0,61$ мкТл; коефіцієнт покриття $K = 2$ за довірчої ймовірності $P = 0,95$. Індукція магнітного поля у гібридного автомобіля більша ніж у електромобіля і має тенденцію залежності від швидкості руху.

Проведені дослідження свідчать, що електрообладнання в електротранспорті і, зокрема, в електромобілі та гібридному автомобілі є джерелом змінного ЕМП, що має сильну тимчасову та просторову неоднорідність у діапазоні частот від 0 до сотень мегагерц. Це є тим фактом, що МП в електромобілі та гібридному автомобілі є суперпозицією полів багатьох джерел. Безпосередніми джерелами МП в автомобілях з електротягою є тягові електродвигуни, акумуляторні тягові батареї, струмонесучі елементи, різні електроустаткування, наприклад, пускогальмівний опір, групові перемикачі, реостатні блоки, електричні ланцюги вентиляції, освітлення, обігріву тощо. Електронні пристрої на борту здебільшого більш високочастотні ніж МП, пов'язані зі змінами режиму руху електромобілів та гібридних автомобілів.

Ключові слова: гібридний автомобіль, електромагнітне випромінювання, індукція, електромобіль.

Постановка проблеми

До антропогенних джерел електромагнітного випромінювання належать: електротранспорт (трамваї, тролейбуси, поїзди, електротранспорт метрополітену, гібридний та електричний транспорт); лінії електропередач міського освітлення, високовольтні лінії (ЛЕП); електропроводка в середині споруд, телекомунікації; побутові електроприлади; теле- і радіостанції та транслюючі антени; радары, персональні комп'ютери, мобільні телефони та ін.

Електромагнітні хвилі характеризуються довжиною L , які випромінюють їхнє джерело, частотою F та швидкістю A їхнього руху. Електромагнітні поля – це видимі випромінювання, вироблені електрикою, тобто рухом електронів чи струму дроту. Електромагнітне поле (ЕМП) – це особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між зарядженими частинками. Джерелами змінних електричних та магнітних полів в електричних та гібридному транспорті є вузли, в яких є висока змінна напруга, та вузли, що працюють із великими струмами.

Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності і тривалості дії, характеру випромінювання (безперервне або модульоване), режиму опромінення, розміру поверхні тіла, що опромінюється, індивідуальних особливостей організму. ЕМП можуть викликати біологічні та функціональні несприятливі ефекти в організмі людини.

Ще в 2002 році, коли тільки починалося широке впровадження гібридних автомобілів, один із шведських журналів провів експертизу двох моделей із бензиновими двигунами та виявив у них високий рівень електромагнітного випромінювання, що виробляється електронними мережами [1]. Наразі найбільше занепокоєння висловлюють власники гібридних автомобілів. Вони не поспушилися придбати детектори магнітних полів та були вражені даними з цих приладів [2]. Вже з'явилася нова послуга із внутрішньої ізоляції салону машини від випромінювання. У водіїв під час керування гібридною «хондою» підвищується тиск і виникає сонливість, коли вони перебувають за кермом

автомобіля [3], хоча раніше з ними такого не траплялося. Незалежне тестування гібридної «тойоти» виявило підвищене електромагнітне випромінювання там, де сидять водій та пасажир ззаду зліва [4].

У найпопулярнішого гібридного автомобіля «ТойотаПріус» рівень випромінювання склав 30–170 мілігаус, що в 15–135 разів вище за норму. Дослідження проводила громадська комісія під керівництвом доктора Елі Штерна (Ізраїль), яка займається контролем випромінювання ліній високовольтних передач [4].

За даними [4, 5] відсоток електромагнітного забруднення міського середовища від автотранспортних засобів може досягати 30 %. Показники електромагнітного поля (ЕМП) залежно від інтенсивності руху автотранспорту представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники електромагнітного поля автотранспорту

Інтенсивність руху автотранспорту	Частотний діапазон					
	5 Гц – 2 кГц		2 кГц – 400 кГц		50 Гц	
	Характеристики ЕМП					
	Е, В/м	И, мкТл	Е, В/м	В, мкТл	Е, В/м	В, мкТл
40 АТЗ/хв	7	0.1	0.3	1	2	2
60 АТЗ/хв	16	0.3	0.9	1	6	3

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У статті [6] розглянуто фізику електромагнітного поля, проведено аналіз впливу електромагнітних випромінювань на людину, джерелом яких є автомобіль, оснащений двигуном внутрішнього згорання, електромобіль, гібридний автомобіль. Проведено моніторинг електромагнітних випромінювань транспортних засобів.

Монографія [7] присвячена новій галузі екології людини – електромагнітній безпеці. Протягом останніх десятиліть рівень інтенсивності технологічного електромагнітного оточення, електромагнітної забрудненості катастрофічно зріс. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) розглядає проблему негативного впливу електромагнітних полів на робочих місцях, вдома та навколишньому середовищі як пріоритетну для світової спільноти.

Магнітні поля (МП) від електротранспорту здійснюють істотний внесок в електромагнітну забрудненість навколишнього середовища. Міський, приміський та міжміський електротранспорт, що працює як на постійному, так і на змінному струмі, генерує магнітні поля в широкому діапазоні частот із переважанням складових в ультранизькому (УНЧ: 0,001–10 Гц) та вкрай низькому частотному діапазоні (КНЧ: 10–300 Гц).

Авторами показано, що у різних транспортних засобах (трамвай, метро, тролейбус, електромобілі/гібридні, електропоїзд, електрокар, легкий електробус) існують різні магнітні поля.

Порівняння вимірювань магнітного поля, проведеного в різних видах транспорту, показало, що ці поля кардинально відрізняються від синусоїдальних полів, які генерують лінії електричних передач (50 Гц та 60 Гц). Магнітні поля в електричному транспорті, включаючи автомобіль, є мультичастотними полями, які швидко змінюються у часі та просторі автомобіля. Ці риси магнітного електричного поля являються наслідком підсумовування різноманітних джерел магнітного поля на борту транспортного засобу і змінних режимів руху (прискорення, гальмування тощо). Однак більша частина магнітної енергії концентрується в найнижчих частотних діапазонах (квазістатичному та ультранизькому, 0,001–10 Гц). Нижче наведені максимальні рівні полів, що зустрічаються в різних видах електротранспорту, включаючи електромобілі, у квазістатичному та ультра низькочастотному діапазоні: - трамвай 500 мкТл; - метро 450 мкТл; - тролейбус 350 мкТл; - електромобілі/гібридні 140 мкТл; - електропоїзд 120 мкТл; - електрокар 104 мкТл; - легкий електробус 80 мкТл [8].

Видно, що найбільші рівні полів зустрічаються у трамваї, метро, тролейбусі. Виміряні до цього часу рівні полів в електричному автомобілі можна порівняти по порядку величин з магнітними полями, вимірними в електропоїздах – у вагонах електричок та на робочому місці машиніста електровоза. Ці магнітні поля значно перевершують поля від ліній передач, із якими людина зазвичай зіштовхується вдома і роботі.

З урахуванням того факту, що водії та пасажери електромобілів знаходяться у безпосередній близькості від джерел струму, очевидно, що для забезпечення їхньої електромагнітної безпеки необхідно вести пошуки розумних та недорогих способів зменшення електричних магнітних полів у

транспортних засобах. Зазвичай інженерно-технічний захист будується на заходах щодо обмеження емісійних властивостей джерел поля чи основі екранування поля. Це можуть бути багатошарові екрани, виготовлені із сучасних матеріалів на основі сплавів з аморфною та нанокристалічною структурою, які не обтяжують конструкцію авто та можуть зменшувати низькочастотні магнітні поля, характерні для електротранспорту, у 5–10 разів [9].

Гігієнічні регламенти на магнітну складову дій таких електромагнітних полів (ЕМП) відсутні. Однак є епідеміологічні дані, які вказують на те, що транспортні магнітні поля можуть бути фактором ризику виникнення онкологічних захворювань, ішемічної хвороби серця. Вони можуть викликати і патологію репродуктивної системи. Магнітні поля низької частоти також уповільнюють реакцію людини. Це може становити серйозну загрозу безпеці та руху у випадках, якщо такі явища спостерігаються у машиністів поїздів та водіїв міського електротранспорту. Тому докладне вивчення транспортних магнітних полів слід вважати актуальним завданням екології та безпеки людини. Однак ці магнітні поля, особливо їхні спектральні характеристики, досі були мало вивчені, оскільки для їхнього дослідження потрібна спеціальна вимірювальна апаратура. Це пояснюється тим, що транспортні магнітні поля не є синусоїдальними, вони характеризуються іррегулярністю, складністю спектрального складу і наявністю різких стрибків інтенсивності.

Під час серійного аналізу наукових праць [8] вчених із різних країн світу про проблеми, пов'язані з гібридними автомобілями, виникла ідея детально розглянути та опублікувати свої думки, міркування з метою визначення істини цієї проблеми як такої. Гібридні автомобілі з електроприводом – це складні механічні та електричні конструкції машин, що складаються із двох видів двигунів: електричного та теплового (ДВЗ). У цих транспортних засобах є механізми та системи, що створюють як у салоні транспортного засобу, так і навколо самого його корпусу електромагнітні поля та електромагнітні випромінювання, які негативно впливають на людину, її імунну, кровоносну, ендокринну, статеву та інші системи. Як показують проведені багаторазові експерименти з цими транспортними засобами, електромагнітне випромінювання та його сплески відбуваються під час прогріву гібридного автомобіля, його рекуперації, у місцях розміщення акумуляторних батарей та розташування електричних котушок запалювання, багатометрових силових проводів та електричних кабелів, а також від самої радіо-, відеоапаратури, кондиціонерів та іншої електротехнічної апаратури і механічних систем, які створюють у цих автомобілях електромагнітний смог. Розглянуті наявні засоби, які мінімізують, екранують та поглинають проникнення електромагнітних випромінювань у клітину людини. При серійному аналізі наукових праць вчених із різних країн світу про проблеми, пов'язані з гібридними автомобілями, виникла ідея детально розглянути це питання та опублікувати власні думки, міркування, а також визначити істину цієї проблеми як такої. У статті [10] розглянуто вплив сучасних автомобілів і автомобільних потоків на навколишнє середовище та здоров'я людини. Внесено пропозиції щодо розроблення методики вимірювань електромагнітних випромінювань автомобілів на етапі їх експлуатації та ремонту. Розглянуто вплив сучасних автомобілів і автомобільних потоків на навколишнє середовище.

Вимірювання магнітних та електромагнітних полів

Електрообладнання автомобіля з електричною силовою установкою знаходиться в досить тісних просторових умовах. Це бачимо з рисунка 1 на прикладі силового електроустаткування автомобіля. З цієї схеми видно, що магнітні електричні поля транспортного засобу (МЕПТЗ) мають такі шліхи впливу: MG1 (тяговий мотор-генератор) на MG2 (мотор-генератор, що виконує функції стартера); MG2 на MG1; MG2 і MG1 на блок інвертора (як кондуктивна складова НЕМЗ, так і НЕМЗ випромінювання); також зворотний напрямок: блок інвертора на MG2 і MG1; двигун внутрішнього згоряння на все без винятку електроустаткування автомобіля; компресор кондиціонера на інвертори та ін.

Основні напрямки дії НЕМЗ представлені на рисунку 1. І це тільки силова частина електроустаткування автомобіля. Аналізуючи радіотехнічне та електротехнічне устаткування автомобіля та кола управління і сигналізації, можна зробити висновок, що все електроустаткування автомобіля працює у дуже жорстких умовах ЕМС, де в тісних просторових умовах доводиться функціонувати як електротехнічним пристроям, так і радіотехнічній техніці. А тісна співпраця цих двох компонентів практично неможлива без врахування їх ЕМС, особливо у наявних просторових умовах, бо корисні сигнали управління чи інформування в системі електрообладнання автомобіля мають досить низький рівень (від 10 мВ до 650 В), а електромагнітні завади можуть значно перевищувати цей рівень, наприклад, кондуктивна НЕМЗ від блока інвертора може приймати значення до 22 В (перехідні процеси), а складова випромінювання НЕМЗ (залежно від відстані рецептора завади та зони випромінювання, рис. 1) може дорівнювати 85 В (технічні дані блока інвертора).



Рис. 1. Схема впливу магнітних електричних полів у силовому колі автомобіля з електричною силовою установкою

Двигун внутрішнього згорання взагалі є джерелом широкосмугових електромагнітних завад, спектр яких повністю перекриває робочі діапазони всіх наявних електро- та радіозасобів автомобіля. Не можна зневажати й тим фактом, що автомобіль з електричною силовою установкою, як система загалом, є джерелом потужних НЕМЗ, які впливають на функціонування інших систем (міжсистемні електромагнітні завади).

Вимірювання магнітних та електричних полів проводилося з використанням ізотропних зондів для діапазону від 100 кГц до 60 ГГц. Великий графічний екран дає змогу легко зчитувати результати. Простота у використанні завдяки інтелектуальному інтерфейсу, що забезпечує автоматичне визначення параметрів підключеного зонда. Можливість збереження до 5000 результатів вимірів.

Прилад для вимірювання електромагнітних полів Narda NBM-550 дозволив отримувати надточні результати вимірювання неіонізуючих випромінювань. Narda NBM-550 з охопленням усіх частот від довгохвильових до мікрохвильових випромінювань. Прилад для вимірювання постійного та змінного електромагнітного поля Narda NBM-550 застосовується для перевірки відповідності вимогам стандартів безпеки людини (табл. 2).

Таблиця 2

Результати вимірювань магнітних та електромагнітних полів

Місце вимірювань	Вимірювання магнітного поля (А/Т)	Вимірювання електромагнітного поля (мкВт/см ²)	Відповідність нормативним документам (+ -)
Двигун	0,27	0,75	-
Акумулятор	0,02	9,45	-
Пасажи́р-місто	0,565	15,4	-

Як бачимо з результатів вимірювання таблиці 2, найбільше ЕМП спостерігається в салоні автомобіля, де розташований пасажир. Відповідно до ДСНІП № 239-96 норма становить 2,5 мкВт/см². Європейські стандарти FCC та ANSI/IEEE C.1-1992 допускають показники 1,5 мкВт/см².

Нижче наведено методику вимірювань магнітної індукції автомобілів із двигуном внутрішнього згорання, електромобілів та гібридних автомобілів. Структурну схему вимірювань представлено на рисунку 2.

Вимірювання швидкості автомобіля здійснювалося штатним спідометром автомобіля А1. Фіксація показань швидкості відбувалася через відеокамеру А2 на комп'ютер-ноутбук А3. Використовувався прилад вимірювання магнітної індукції А4 типу ЕНР-50F. Дані вимірювання індукції через оптичний кабель 2 і перетворювач А5 надходили на комп'ютер, індикувалися на дисплеї у вигляді даних і спектра в діапазоні 0–100 Гц і записувалися у файл за допомогою програми запису з екрана комп'ютера.

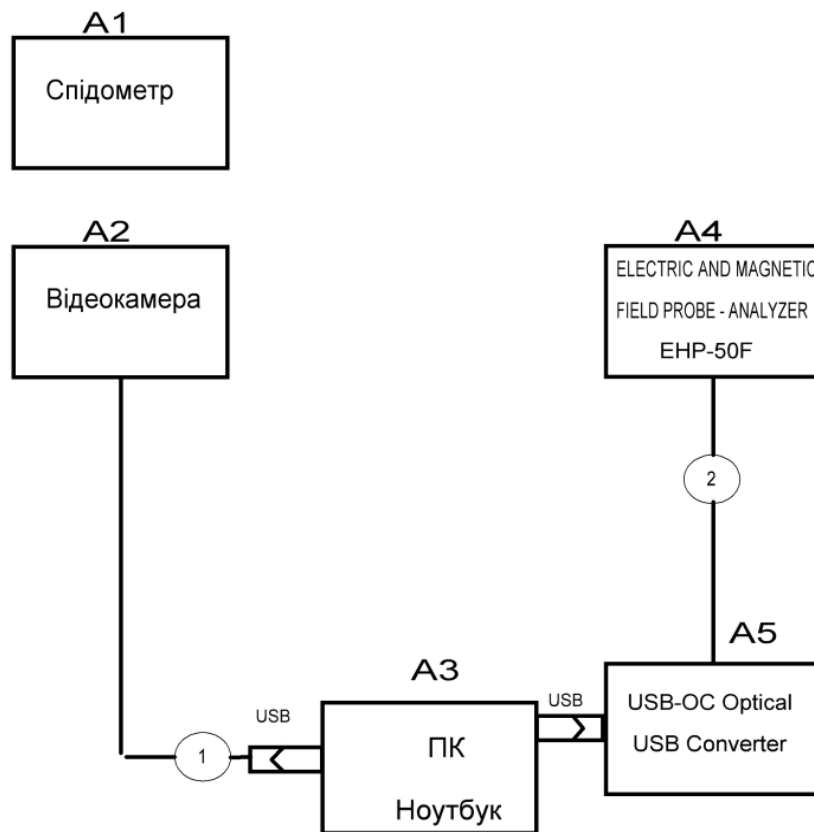


Рис. 2. Схема вимірювань магнітної індукції автомобілів

Вимірник індукції малих магнітних полів типу EHP-50F – низькочастотний зонд-аналізатор ізотропного електричного та магнітного поля – забезпечував передові технологічні рішення для аналізу поля у діапазоні частот від 1 до 400 кГц у надзвичайно високому динамічному діапазоні, а також містив одночасні вимірювання по осях X, Y та Z за допомогою потужного вбудованого аналізатора спектра.

EHP-50F може використовуватися як із портативним польовим вимірником NBM-550, так і з персональним комп'ютером (ПК). Забезпечується автономний режим роботи безперервного збору даних до 24 годин. EHP-50F містить незалежну пам'ять, в якій зберігаються таблиці калібрування частоти і рівня, і внутрішній оптичний повторювач, що дає змогу підключатися до зовнішніх пристроїв через оптичне волокно. Спектральний аналіз, отриманий через DSP, виконується на восьми різних значеннях діапазону частот та відображається на моніторі ПК або NBM-550.

Електричне або магнітне поле уловлюється трьома датчиками на ортогональних осях X, Y і Z. Далі відбувається аналого-цифрове перетворення, що перетворює сигнал на числову інформацію, оброблену блоком цифрової обробки сигналу.

Типовий спектр показано на рисунку 3. Під час аналізу використовувалися амплітуда та частота магнітної індукції першої гармоніки, зазначені у таблиці внизу графіка.

Після закінчення експерименту відеофайли переглядалися і посекундно записувалися їх результати в таблиці додатків. Показники із частотою мережі 50 Гц виключалися як промахи. Після чого було проведено їхній статистичний та кореляційний аналіз.

Дослідження автомобіля «Лансер 10» із двигуном внутрішнього згоряння показали, що середнє значення індукції магнітного поля становить $0,43 \pm 0,12$ мкТл. Коефіцієнт покриття $K = 2,0$ за довірчої ймовірності $P = 0,95$. Індукція магнітного поля залежить від швидкості руху.

Середнє значення індукції магнітного поля в салоні електромобіля $= 0,85 \pm 0,18$ мкТл; коефіцієнт покриття $K = 2$ за довірчої ймовірності $P = 0,95$. Індукція магнітного поля в електромобіля вдвічі більша ніж у автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння і не залежить від швидкості руху. Середнє значення індукції магнітного поля в салоні гібридного автомобіля $= 1,28 \pm 0,61$ мкТл; коефіцієнт покриття $K = 2$ за довірчої ймовірності $P = 0,95$. Індукція магнітного поля у гібридного автомобіля більша ніж у електромобіля і має тенденцію до залежності від швидкості руху.

Середнє значення індукції магнітного поля в салоні електромобіля при повільній зарядці акумулятора $= 0,08 \pm 0,012$ мкТл; коефіцієнт покриття $K = 2$ за довірчої ймовірності $P = 0,95$.

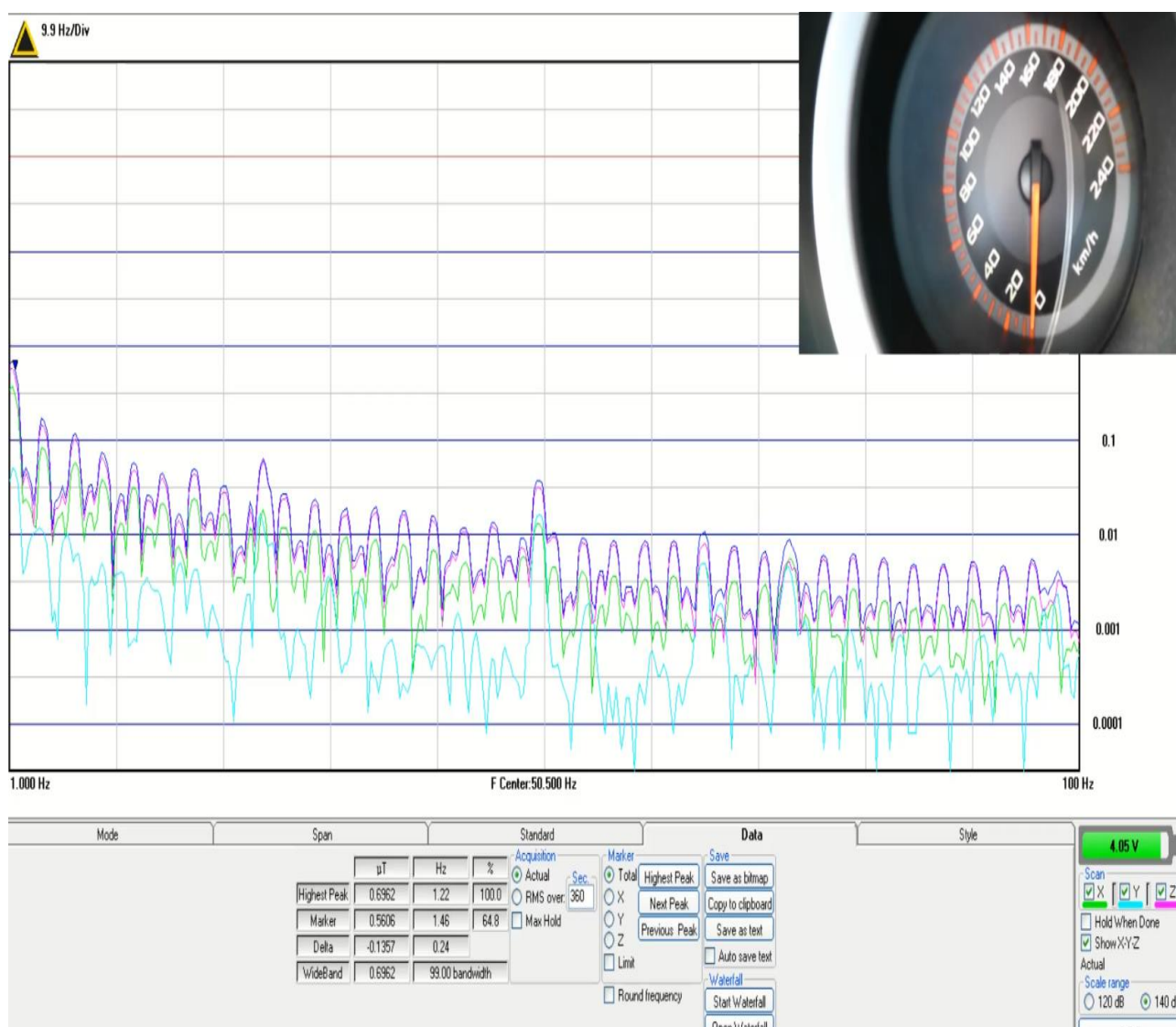


Рис. 3. Спектр коливань магнітної індукції та дані вимірювань

Індукція магнітного поля при зарядці на паркуванні біля електромобіля в салоні значно менша ніж під час руху (0,85 мкТл), а середнє значення індукції магнітного поля всередині електромобіля при швидкій зарядці акумулятора становить $0,12 \pm 0,02$ мкТл; коефіцієнт покриття $K = 2$ за довірчої ймовірності $P = 0,95$.

Висновок

Проведені дослідження свідчать, що електрообладнання в електротранспорті, і зокрема в електромобілі та гібридному автомобілі, є джерелом змінного ЕМП, що має сильну тимчасову та просторову неоднорідність у діапазоні частот від 0 до сотень мегагерц. Це є тим фактом, що МП в електромобілі та гібридному автомобілі є суперпозицією полів багатьох джерел. Безпосередніми джерелами МП в автомобілях з електротягою є тягові електродвигуни, акумуляторні тягові батареї, струмонесучі елементи, різне електроустаткування, наприклад, пускогальмівний опір, групові перемикачі, реостатні блоки, електричні ланцюги вентиляції, освітлення, обігріву і т. ін. Електронні пристрої на борту зазвичай більш високочастотні ніж МП, пов'язані зі змінами режиму руху електромобілів та гібридних автомобілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Maes Wolfgang. Stressdurch Strom und Strahlung / Institut fuer Baubiologie und Oekologie. Neubeuren, 2004. 800 s.
- [2] Кравцов М. М. Небезпека електромагнітних випромінювань гібридних транспортних засобів. Progressiveres earchin the modern world. Boston. 28–30 Decemder. 2022. С. 238–247.
- [3] Філепенко В. В., Будянська Е. М. Екологічна безпека навколишнього середовища. Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2010. № 893(5).

[4] Бажинов О. В., Кравцов М. М., Ілічук О. В. Методика вимірювання впливу електромагнітних випромінювань автотранспортних засобів на людину та навколишнє середовище. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2019. № 86(1). С. 66–73.

[5] Христов Р., Стефанов С., Костов П. Дослідження електромагнітного поля в електричному і гібридному автомобілі. *Факультет машинобудування та технологій технічного університету м. Варна (Болгарія). ЕКОVarna 2020. IOP Conf. Серія: Матеріалознавство та техніка*. 977(2020). 012022.

[6] Гібридні автомобілі / Бажинов О. В. та ін. Харків: *ХНАДУ*. 2008.

[7] Guidelines for Limiting Exposure to Time Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (upto 300 GGz). *Health Physics / International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)*.

[8] Кривошеїн Д. А., Мурашка Л. А., Росва Н. Н. Екологія і безпека життєдіяльності. *ЮНІТА-ДАНА*. 2002.

[9] Островський О. С., Одаренко Е. Н., Шматько А. А. Захисні екрани і поглиначі електромагнітних хвиль. *ФІП. PSE*. 2003. № 1(2). С. 161–173.

[10] Chung D. D. L. Electromagnetic inter ferences shielding effectivenessof carbonmaterials. *Carbon*. 2001. № 39.P. 279–285.

[11] Fenical G. The Basic Principlesof Shielding. *Compliance*. 2021. Retrieved November 25. URL: <https://incompliancemag.com/article/the-basic-principles-of-shielding/>

Бажинов Олексій Васильович – д-р техн. наук, професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говоруценка М. Я. e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

Кравцов Михайло Миколайович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності, e-mail: Super-mikvich@ukr.net

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

O. Bazhinov
M. Kravzov

Electromagnetic danger of electric and hybrid vehicles

Kharkiv National Automobile and Highway University

The purpose of the article is to determine the impact of electromagnetic radiation from electric vehicles. Hybrid and electric cars emit extremely low-frequency electromagnetic radiation (EMR) or magnetic fields. Studies of EMF levels emitted by cars show that they pose a threat to human health. Measurements of the magnetic induction of internal combustion engine cars, electric cars, and hybrid cars confirm that the magnetic field induction of an electric car is twice as high as that of an internal combustion engine car and does not depend on the speed of movement. The magnetic field induction of a hybrid car is greater than that of an electric car and tends to depend on the speed of movement. The magnetic field induction during external charging of an electric vehicle in the cabin is much lower than when driving. The average value of magnetic field induction in the interior of an electric vehicle is $0.85 \pm 0.18 \mu\text{T}$; Coverage factor $K = 2$ at a confidence level of $P = 0.95$. The magnetic field induction of an electric vehicle is twice as high as that of a car with an internal combustion engine and does not depend on the speed of movement. The average value of magnetic field induction in the interior of a hybrid car is $1.28 \pm 0.61 \mu\text{T}$; Coverage factor $K = 2$ at a confidence level of $P=0.95$. The magnetic field induction of a hybrid car is higher than that of an electric car and tends to depend on the speed of movement.

The conducted studies show that electrical equipment in electric vehicles and, in particular, in an electric car and a hybrid car is a source of alternating EMF with strong temporal and spatial heterogeneity in the frequency range from 0 to hundreds of megahertz. This is due to the fact that the MF in an electric vehicle and a hybrid car is a superposition of fields from many sources. The direct sources of MF in electric vehicles are traction motors, rechargeable traction batteries, current-carrying elements, various electrical equipment, such as starting and braking resistance, group switches, rheostat units, electrical circuits for ventilation, lighting, heating, etc. Electronic devices on board are usually higher-frequency than MFs due to changes in the driving mode of electric and hybrid vehicles.

Key words: hybrid car, electromagnetic radiation, induction, electric car.

Bazhinov Alexey – Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

Kravtsov Mykhailo – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of the Department of Metrology and Life Safety, e-mail: Super-mikvich@ukr.net