



ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗПРЕДЕЛЕНИЕТО НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ПОЛЕТА

RESEARCH OF THE DISTRIBUTION OF ELECTROMAGNETIC FIELDS

Stanimir Stefanov

Technical University – Sofia
Plovdiv branch

Georgi Ganev

Technical University – Sofia
Plovdiv branch

Abstract

In this report, an analysis of the characteristics of electromagnetic fields (EMF), their impact on living organisms, the values that should be measured in order to perform an assessment against the basic and reference values regulated in the regulatory framework has been made. EMF measurement was also carried out on electrotechnical elements and workplaces in a teaching laboratory, as well as on a switchboard, floor switchboard and main switchboard on the territory of TU - Sofia, branch Plovdiv, 4th educational building at a frequency of the supply voltage 50Hz. The comparison between the obtained results and the main and reference values according to normative documents shows that the values of the measured EMF parameters are within the safety norms.

Keywords: electromagnetic fields, basic value, reference value, electrical intensity, magnetic induction

ВЪВЕДЕНИЕ

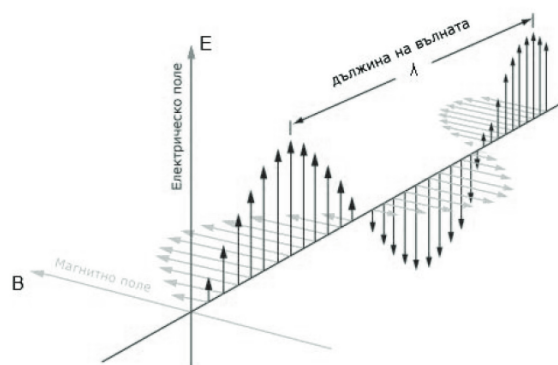
Електромагнитните полета (ЕМП) са неразделна част от съвременните технически устройства, битови и промишлени уреди и ние навсякъде сме заобиколени от тях. Тези полета оказват йонизиращо, нейонизиращо, топлинно и нетоплино въздействие върху живите организми, което въздействие може да има физиологични и психофизиологични последици за живите организми. За да се извърши превенция или за да се гарантира безопасността за здравето при пребиваването на хора в определени зони е необходимо да се изследват някои параметри на електромагнитните полета и в последствие техните стойности да бъдат съпоставени с нормените изисквания.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Същност на електромагнитните полета и тяхното въздействие

Както е известно ЕМП се състоят от електрическо и магнитно поле, като изме-

нението на електрическото поле води до появата на изменящо се магнитно поле, а то от своя страна създава изменящо се електрическо поле, разпространяващи се в пространството от създалият ги източник, дори и той да спре да функционира или съществува – фиг.1. [1].

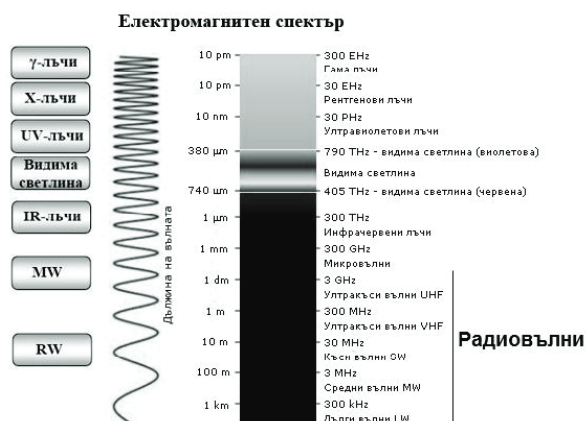


Фиг. 1.

Тази съвкупност от разпространяващи се електрическо и магнитно поле се нарича електромагнитна вълна, която се характе-

ризира с дължина на вълната и честота на излъчването, свързани посредством скоростта на разпространение на вълната. Тези вълни, също така, се характеризират и с пренасяни импулс и енергия, като обемната плътност на пренасяната енергия е съвкупност от пренасяните от електрическото и магнитното поле енергии.

В зависимост от своята дължина на вълната, респективно честота, електромагнитните вълни се класифицират в така наречения спектър на електромагнитните лъчения – фиг. 2.



Фиг. 2.

С най-малки дължини на вълните, респективно с най-високи честоти са гамалъчите и рентгеновите лъчи и те представляват основната група лъчения имащи йонизиращо действие. Групата на оптичните лъчения включва ултравиолетовите излъчвания (10nm – 400nm), видимата за човешкото око светлина (380nm – 780nm) и инфрачервените лъчения попадат в диапазона 800nm – 10 000nm. Следва диапазона на микровълновото лъчение – ултрависоко и свръх ултра високо до 30GHz. В края на електромагнитният спектър, с най-голяма дължина на вълните, респективно с най-малка честота на излъчването се намират радиовълните – УКВ (0,1 – 10m), КВ (10 – 100m), СВ (100 – 1000m) и ДВ (1000 – 10000m).

Лъченията от всеки един от тези диапазони имат физиологично или психофизиологично въздействие върху живите организми и техните тъкани в зависимост от честотата им, дълбочината на проникване в тъканите, и мощностната плътност на излъчването – йонизиращо, топлинно, сензитивно, психосоматично и друго въздействие. В нормативните документи нормите по отношение на тези въздействия на лъченията се делят на две основни групи - лъчения, предизвикващи топлинно въздействие и лъчения, предизвикващи нетоплинни въздействия.

При топлините въздействия температурата на органичните тъкани се увеличава вследствие на преобразуването на енергията вследствие загуби от проводимост при радиовълните и диелектрични загуби при микровълновите излъчвания. Количеството отделяна топлина в тъканите зависи от техните електрически параметри, от честотата на лъчението и от интензивността му. Например, най-силно топлинно въздействие при облъчване с микровълново лъчение, се среща при тъканите, които имат високо съдържание на вода Така, при ЕМП с едни и същи показатели на ЕМП тъкани с по-ниско съдържание на вода, ще се нагриват по-слабо.

Нетоплинните въздействия се изразяват в стимулация на мускули, нервни или сетивни органи [2] и могат да увредят умственото и физическото здраве, да доведат до поява на преходни симптоми като световъртеж или нарушения в зрението, да предизвикат временно дразнение или засегнат когнитивни способности, мозъчни или мускулни функции, както и да доведат до протичане на електрически ток през тялото или крайниците.

Оценка на параметрите на електромагнитните полета по отношение безопасността на средата и човешкото здраве



Оценката, методите и методиките за оценка на параметрите на ЕМП, и необходимостта от предприемане на мерки се регламентират в национални наредби, възприети европейски стандартни и препоръчани незадължителни ръководства [2][3][4][5]. В европейските документи се дават два вида оценки на ЕМП[3].

Едните са наречени „Основни ограничения“ – ограничения по отношение на излагането на човека на променливи във времето електрически, магнитни и електромагнитни полета, основаващи се пряко на установените ефекти върху здравето на човек стойности. Другите са назовани „Референтни нива“, служещи за практическа оценка, за да се определи дали основните ограничения могат да бъдат превишени, като някои от референтните нива са получени от съответните им основни ограничения, а други в резултат на възприятие и нежелани косвени ефекти от излагане на ЕМП. В нормативните уредби у нас [2] са регламентирани „Гранични стойности на експозиция“ (ГЕС) и „Стойности за предприемане на действия“ (СПД) по отношение на последици за здравето и по отношение на ефектите за чувствителност. СПД са оперативни стойности, установени за да се опрости процеса на доказването на спазването на съответните ГЕС или, когато е приложимо, за да бъдат приети съответните мерки за защита или превенция съгласно наредбата.

Физични величини по отношение на излагането на въздействие от страна на електромагнитни полета

Основните величини, използвани за характеризиране и оценка на влиянието на ЕМП са следните[2][3]:

- Интензитет на електрическото поле E , (V/m);

- Електрически ток в крайниците I_L , (A) в следствие на излагане на ЕМП в честотния обхват 10MHz – 110MHz и в резултат на контакт с предмет, намиращ се в ЕМП,

или на потока от капацитивни токове, индуцирани в тяло, изложено на ЕМП;

- Контактен електрически ток I_C , (A) в следствие на допир на човек до предмет в ЕМП, като при влизането в допир е възможно да възникне и искров разряд;

- Плътност на тока J , (A/m²) през единица напречно сечение, перпендикулярно на посоката на тока в електропроводима среда, като например човешко тяло или част от него;

- Електрически заряд Q , (C);

- Магнитна индукция B , (T). В свободното пространство, в биологични материи, извън магнитопроводящи среди, магнитната индукция и интензитета на магнитното поле H , (A/m) могат да бъдат използвани по един и същи начин, като се използва връзката $H \approx B/4\pi 10^{-7}$ (1A/m \approx 1,25 μ T);

- Плътност на мощността на излъчването S , (Wm⁻²) използвана за много високи честоти, когато дълбочината на проникване е малка. Това е мощността на падащото лъчение перпендикулярно на повърхност, разделена на площта на повърхността;

- Специфична погълнатата енергия СПЕ (SA), (Jkg⁻¹) от единица маса биологични тъкани. Използва се за установяването на ограничения за въздействието на импулсните микролъчения;

- Специфична погълната мощност СПМ (SAR), (Wkg⁻¹) усреднена за цялото тяло или за някоя част от тялото. Това е величина за оценка на съотношението между вредни топлинни въздействия и излагане на радиочестоти, както и за оценка, и ограничаване на прекомерното поглъщане на енергия от малки части на тялото в резултат на специфични условия на излагане на радиовълни.

От посочените величини могат да бъдат пряко измерени магнитната индукция B , контактният ток I_C , електрическият ток в крайниците I_L , интензитетът на електрическото поле E , интензитетът на магнитното поле H и плътността на мощността S .



В таблица 1 са представени референтните стойности на величините, съгласно [3].

Таблица 1.

Референтни нива за електрически, магнитни и електромагнитни полета (от 0 Hz до 300 GHz, rms стойности)

Честотен обхват	Интензитет на електрическото поле E, V/m	Напрегнатост на магнитното поле H, A/m	Магнитна индукция B, μ T	Еквивалентна плътност на мощността на плоска вълна S_{eq} , W/m ²
0 – 1 Hz	10000	3200	4000	-
1 - 8 Hz	10000	3200/f	4000/f	-
8 – 25 Hz	250/f	4000/f	5000/f	-
0,025 – 0,8 kHz	250/f	5	5/f	-
0,8 – 3 kHz	87	5	6,25	-
3 – 150 kHz	87	0,73/f	6,25	-
0,15 – 1 MHz	87/f ^{0,5}	0,73/f	0,92	-
10 – 400 MHz	28	0,073	0,92	2
400 – 2000 MHz	1,375 f ^{0,2}	0,0037 f ^{0,2}	0,0046 f ^{0,2}	f ^{0,2} /200
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

В таблица 2 са показани нормите съгласно Наредба №9 за пределно допустимите нива на електромагнитни полета в населени територии и определяне на хигиенно-защитни зони около излъчващи обекти [4], която наредба регламентира нормите за радиовълни.

Таблица 2.

Пределно допустими нива на напрегнатостта и на плътността на енергийния поток на ЕМП в населена територия

Честотен обхват в който работи излъчвателя	Пределно допустимо ниво
от 30 до 300 kHz	25 V/m
от 0,3 до 3 MHz	15 V/m
от 3 до 30 MHz	10 V/m
от 30 до 300 MHz	3 V/m
от 0,3 до 30 GHz	10 μ W/cm ²

Съответстващи за описаните по-горе величини, норми, са публикувани и в Наредба № РД-07-5 от 15 ноември 2016г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на електромагнитни полета [2].

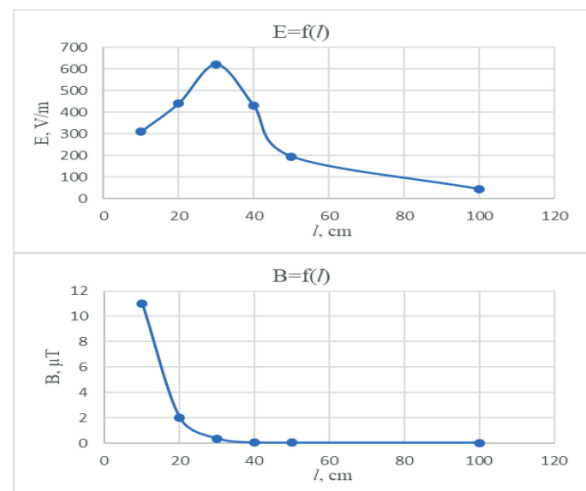
Постановка на изследването и резултати

В измервателната част на изследването са измерени интензитетата на електрическото поле E, V/m и магнитната индукция B, μ T на разстояния l съответно 10, 20, 30, 40, 50 и 100 cm от: натриева лампа високо

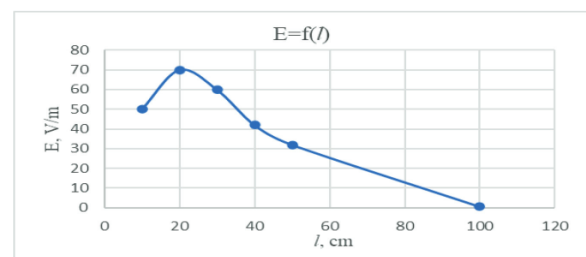
налягане (НЛВН) 70W; автотрансформатор АТЛ – 9; разпределително табло в лаб. 4413, намираща се в 4-ти учебен корпус на ТУ-София, филиал Пловдив; етажно разпределително табло (ЕРТ) на 4-ти етаж в споменатия корпус, западно крило, работещи на промишлена честота 50Hz. Също така, направени са измервания за една позиция на 8 работни места в споменатата лаборатория, и за 3 позиции по височина h, на 30 cm отстояние от килиите на главно разпределително табло (ГРТ), страна ниско напрежение (НН), на споменатия учебен корпус.

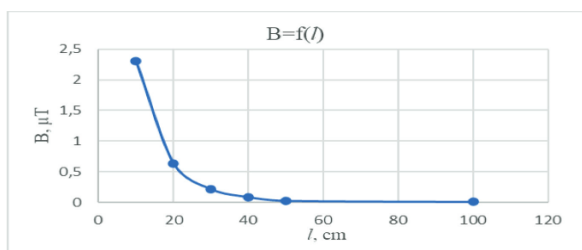
Измерванията на интензитетата на електрическото поле E са осъществени посредством измервателен уред Метрикс VХО 10-0 в измервателен диапазон 0 – 100kHz, а на магнитната индукция B посредством измервателен уред РСF EMF 823А в диапазон 0 - 300 Hz.

Получените резултати са представени на фигурите по-долу.

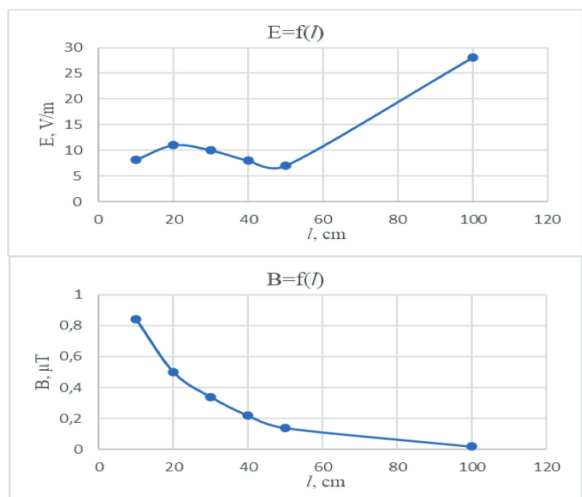


Фиг. 1. Стойности на E и B на НЛВН

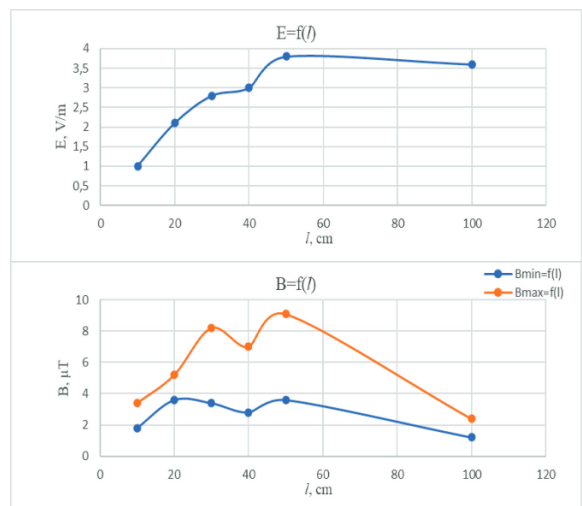




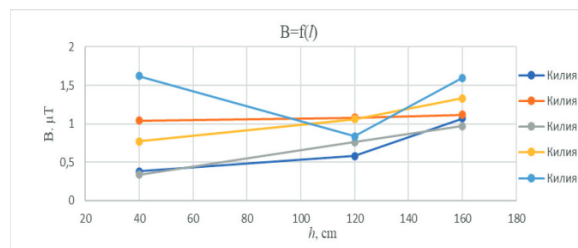
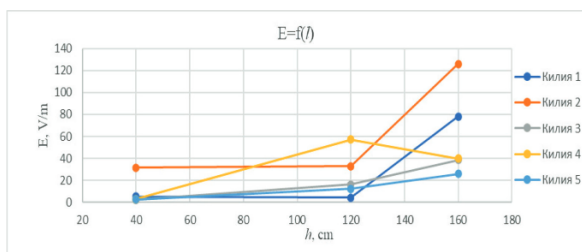
Фиг. 2. Стойности на E и B на АТЛ-9



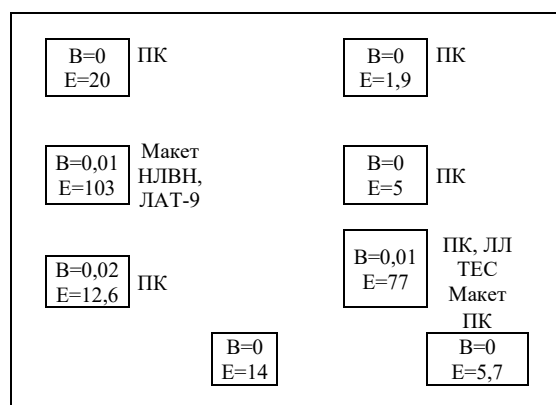
Фиг. 3. Стойности на E и B на ЕРТ в лаб. 4413



Фиг. 4. Стойности на E и B на ЕРТ



Фиг. 5. Стойности на E и B на ГРТ



Фиг. 6. Схема на работните места и измерените стойности на $E, V/m$ и $B, \mu T$ в лаб. 4413 (ПК – персонален компютър, ЛЛ – луминесцентни лампи).

От фиг. 1 и 2 се вижда, че първоначално с отдалечаване от източника на ЕМП има локално нарастване на електрическия интензитет в зоната 20 – 30 cm, което може да се обясни с по-широкия пространствен ъгъл който обхваща сондата от габаритите на източника. От фиг. 3 се вижда, че докато магнитната индукция е в спад, интензитетът, отчитан от уреда, нараства с увеличаването на разстоянието от таблото, което би могло да се обясни с приближаване на сондата към други източници на електрическо поле, намиращи се в лабораторията, тъй като електрическите товари в нея по време на измерването са постоянни по стойност. На фиг. 4, при сравнително постоянни стойности за E , имаме силно вариране във времето на магнитната индукция между отбелязаните минимални и максимални стойности. От фиг. 5 се вижда, че



разпределението на интензитета на електрическото поле, както и на магнитната индукция по различните килии е различно, както и по височина. Тези разлики биха могли да се обяснят с различните товари по килиите на ГРТ, а във височина освен с различните товари и с подредбата на съоръженията и апаратите в тях.

От фиг. 6 се вижда разположението на ЕМП с промишлена честота спрямо работните места в лабораторията и намиращите се там ПК и лабораторни макети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да се каже, че величините за оценка на ЕМП (електрическият интензитет и магнитната индукция) не надхвърлят и са значително под референтните нива за ЕМП с промишлена честота – таб. 1.

В близост до изследваните обекти липсват излъчватели на радиовълни или антени на мобилни оператори и в измерването не е включено изследване за техните честоти.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите изказват благодарност към проект BG05M2OP001-1.002-0023, Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Атанасова С. Физика с основи на биофизиката. Физика част 4. Тракийски университет.

тет, Стара Загора. // Atanasova S. Physics with the basics of biophysics. Physics part 4. Thrace University, Stara Zagora. https://edu.uni-sz.bg/book/24.AF_Fizika%20s%20osnovi%20na%20biofizikata-StAtanasova/all-lessons.html 24.10.2023г.

[2] НАРЕДБА № РД-07-5 от 15 ноември 2016 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на електромагнитни полета // REGULATION No. RD-07-5 of november 15, 2016 on the minimum requirements for ensuring the health and safety of workers with risks related to exposure to electromagnetic fields

[3] 1999/519/EC Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)

[4] НАРЕДБА № 9 от 14 март 1991 г. за пределно допустими нива на електромагнитни полета в населени територии и определяне на хигиенно-защитни зони около излъчващи обекти // REGULATION No. 9 of march 14, 1991 on maximum permissible levels of electromagnetic fields in populated areas and determination of hygienic and protective zones around radiating objects

[5] Незадължително ръководство за добри практики при прилагане на Директива 2013/35/ЕС за електромагнитните полета Том 1, 2 и 3 // Optional Guide to Good Practice in the Implementation of Directive 2013/35/EU on Electromagnetic Fields Volumes 1, 2 and 3.