

Стандарди за процедуре мјерења и прорачуна електромагнетских поља која могу утицати на људе

Миљан Васковић

Институт за стандардизацију Босне и Херцеговине
Источно Сарајево, Босна и Херцеговина
miljan.vaskovic@isbih.gov.ba

Горан Мркаја

Институт за стандардизацију Босне и Херцеговине
Источно Сарајево, Босна и Херцеговина
goran.mrkaja@isbih.gov.ba

Сажетак — У раду су представљене кључне карактеристике стандарда који се односе на мјерења и прорачуне електричних и магнетних поља која могу имати утицај на здравље људи, с акцентом на нискофреквентна зрачења. Презентовани су теоријски начини прорачуна и општа знања везано за нивое и изложеност електромагнетном зрачењу у подручјима животне средине гдје може доћи до утицаја на људе. Дате су препоруке европских и међународних организација за заштиту од нејонизујућег зрачења, као и прописи на националном нивоу.

Кључне ријечи - стандард; електромагнетно поље; границе електромагнетног зрачења; закон, прописи и препоруке; заштита здравља

I. УВОД

Електромагнетно зрачење је спрега осцилујућег електричног и магнетног поља које се шире кроз простор путем електромагнетних таласа. У близини сваког наелектрисаног тијела постоји електрично поље а око проводника кроз који протиче електрична струја настаје магнетно поље.

Електрична енергија је присутна на свим мјестима на којима живи, ради и креће се човек, што значи да су људи, као и друга жива бића, изложени утицају електромагнетног зрачења слабијег или јачег интензитета. Због појаве све већег броја извора електромагнетног зрачења, последњих деценија, велика пажња се посвећује изучавању утицаја електромагнетних поља на жива бића, првенствено на људе. На основу резултата истраживања, организације као Свјетска здравствена организација (*WHO*), Међународна комисија за заштиту од нејонизујућег зрачења (*ICNRP*), Међународно удружење за заштиту од зрачења (*IRPA*) и друге, доносе препоруке у којима су, поред осталог, утврђене граничне вриједности интензитета електричног и магнетног поља којем могу бити изложена жива бића а да та изложеност не утиче на њихово здравље.

Електромагнетна поља могу имати директне и индиректне утицаје на људско тијело. Утицај електромагнетних поља на људско тијело зависи од фреквенције, при чему нискофреквентна поља могу утицати на нервни систем, док високофреквентна могу

изазивати топлотне ефекте на појединим дијеловима тијела. Поред ових директних утицаја постоји неколико индиректних ефеката као што су појава контактних струја или могући утицај на рад активних медицинских имплантата.

Процјене изложености могу се заснивати или на референтним нивоима (нивоима дјеловања), или на основном ограничењу (гранична вриједност изложености) узимајући у обзир специфичне карактеристике одређеног извора поља или уређаја који се процјењује.

Опсег за нискофреквентна мјерења је од 1 Hz до 100 kHz, опсег за међуфреквентна мјерења је од 100 kHz до 10 MHz, а опсег за мјерења високих фреквенција је од 10 MHz до 300 GHz. Напомена: Основни физиолошки ефекти електромагнетних поља на људско тијело немају оштру граничну вриједност фреквенције да би се разликовала стимулација од термичких ефеката, што треба узети у обзир при избору мјерне опреме. [1]

II. КРАТАК ПРЕГЛЕД И ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ СТАНДАРДА ЗА МЈЕРЕЊЕ И ПРОРАЧУН ЕЛЕКТРОМАГНЕТНОГ ЗРАЧЕЊА

BAS EN 50413:2021 - *Основни стандард за мјерење и поступци прорачуна изложености људи електричним, магнетним и електромагнетним пољима (0 Hz - 300 GHz)* (EN 50413:2019, IDT - *Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)*)

Стандард садржи опште методе за мјерење и прорачун величина повезаних са излагањем људи електромагнетним пољима у фреквенцијском опсегу од 0 Hz до 300 GHz. Посебно је намијењен за процјену емисија из различитих извора и поређење са границама изложености за ширу јавност, датих у Препоруци Савјета Европе 1999/519/ЕС, као и за изложеност професионалних лица на радном мјесту, за одређивање усклађености са захтјевима Директиве 2013/35/ЕУ, по потреби. Овај стандард се бави величинама које се могу измјерити или израчунати изван људског тијела, посебно јачином електричног и магнетног поља или густином снаге, укључује и мјерење и

прорачунавање величина унутар људског тијела које чине основу за упутство за заштиту. Стандард пружа информације о:

- дефиницијама и терминологији,
- карактеристикама електромагнетних поља,
- мјерењу количина изложености,
- захтјевима за инструменте,
- методама калибрације,
- мјерним техникама и процедурама за процјењивање изложености,
- прорачунским методама за оцјену изложености.

У случају да постоји примјењив стандард за електромагнетско поље, посебно за специфични производ или технологију, очекује се да се користи умјесто овог документа. BAS EN IEC 62311:2021, Табела 1 даје листу релевантних стандарда. [1]

BAS EN 61786-1:2015; prBAS EN 61786-1/A1:2025 - *Мјерење једносмјерних магнетских и наизмјеничних магнетских и електричних поља у опсегу од 1 Hz до 100 kHz у погледу изложености људи — Дио 1: Захтјеви за мјерне инструменте* (EN 61786-1:2014, IDT; IEC 61786-1:2013, IDT; EN 61786-1:2014/A1:2024, IDT; IEC 61786-1:2013/AMD1:2024, IDT - *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings - Part 1: Requirements for measuring instruments*)

Овај дио IEC 61786 даје смјернице за мјерне инструменте који се користе за мјерења нивоа јачине поља у квази-статичким магнетним и електричним пољима фреквенција у опсегу од 1 Hz до 100 kHz, као и DC магнетних поља, у сврху процјене нивоа изложености људског тијела тим пољима. Извори поља су уређаји који раде на мрежним фреквенцијама и генеришу енергију и хармонијска поља фреквенције напајања, као и уређаји који генеришу поља у фреквенцијском распону наведеном у овом документу, укључујући и уређаје који производе статичка поља. Извором поља сматра се и земљино статичко магнетно поље.

Мјерни опсег обухваћен овим стандардом је 0,1 μT до 200 mT у AC (1 μT до 10 T у DC) за магнетна поља и 1 V/m до 50 kV/m за електрична поља. За мјерења изван овог опсега, већина одредби стандарда се и даље примјењује, али са посебном пажњом на одређивање мјерне несигурности и калибрационе процедуре. Конкретно, овај стандард:

- дефинише терминологију;
- даје захтјеве за спецификације мјерних уређаја;
- означава методе калибрације;
- дефинише захтјеве за несигурност инструментације;
- описује опште карактеристике поља;
- описује принципе рада инструментације.

Напомена: Методе мјерења којима се постижу дефинисани циљеви процјене изложености људи су описане у IEC 61786-2.

Прва издања IEC 61786-1 и IEC 61786-2 замијењују IEC 61786 из 1998. Дио 1 се бави мјерним инструментима, а Дио 2 се бави мјерним процедурама. У стандарду су идентификовани и извори несигурности током калибрације. У погледу мјерења електричног поља, стандард разматра само мјерење јачине непоремећеног електричног поља, у тачки, у слободном простору или изнад проводних површина. [12]

prBAS IEC 61786-2:2025 - *Мјерење једносмјерних магнетских и наизмјеничних магнетских и електричних поља у опсегу од 1 Hz до 100 kHz у погледу изложености људи — Дио 2: Основни стандард за мјерења* (IEC 61786-2:2014, IDT - *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings - Part 2: Basic standard for measurements*)

Дио 2 стандарда IEC 61786 даје захтјеве за успостављање мјерних поступака којима се постижу дефинисани циљеви мјерења, која се односе на излагање људи.

Напомена: Захтјеви за мјерење поља и калибрацију описани су у IEC 61786-1.

Због разлика у карактеристикама поља из извора у разним окружењима, нпр. фреквентни опсег, временске и просторне варијације, поларизација и магнитуда, и разлике у циљевима мјерења, конкретне мјерне процедуре ће бити различите у различитим окружењима.

Примјери извора поља која се могу мјерити, а обухваћени су овим стандардом:

- уређаји који раде на мрежним фреквенцијама (50/60 Hz), постројења мрежних фреквенција и хармонијска поља мрежних фреквенција (далеководи, електрични уређаји, кућански апарати ...);
- уређаји који генеришу поља која су независна од мрежне фреквенције напајања (електрична железница (DC до 20 kHz), комерцијални авиони (400 Hz), индукциони гријачи (до 100 kHz) и електрична возила);
- уређаји који производе статичка магнетна поља: MRI, DC струјни водови, DC заваривање, електролиза, магнети, електричне пећи итд. Једносмјерне струје се често генеришу од стране претварача, који такође генеришу компоненте наизмјеничне струје (хармонике мрежних фреквенција), што би требало узети у обзир.

Извори несигурности током мјерења су такође идентификовани и дата су упутства како их треба комбиновати да би се одредила укупна мјерна несигурност. [13]

BAS EN 62110:2010; BAS EN 62110/Cor1:2016 - *Нивои електричних и магнетских поља насталих у системима измјеничне струје — Мјерне процедуре у односу на изложеност људи* (EN 62110:2009, IDT; IEC 62110:2009,

IDT; EN 62110:2009/AC:2015, IDT; IEC 62110:2009/COR1:2015, IDT - *Electric and magnetic field levels generated by AC power systems - Measurement procedures with regard to public exposure*)

Стандард успоставља процедуре за мјерење нивоа електричног и магнетног поља, генерисаних од АС енергетских система, у циљу процјене нивоа изложености људског тијела тим пољима. Овај стандард се не примјењује на преносне DC системе. Стандард се примјењује на изложеност људи како у домаћинству тако и у јавно доступним просторима.

Стандард одређује основне процедуре за мјерење поља, и у погледу изложености људи, за добијање вриједности поља која одговара просторном просјеку за цијело људско тијело.

Стандард није примјењив на професионална лица и њихову изложеност у вези са, на примјер, руковањем и/или одржавањем енергетских система. Таквом излагању могу бити подвргнута професионална лица која раде у дистрибутивној или преносној подстаници, електрани, у шахту или тунелу са подземним кабловима или на надземном далеководу. Садржај корекције из 2016. је укључен у стандард. [14]

BAS EN IEC 62311:2021 - *Процјена електронске и електричне опреме у вези с ограничењима изложености људи електромагнетним пољима (0 Hz – 300 GHz)* (EN IEC 62311:2020, IDT; IEC 62311:2019, IDT - *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*)

Стандард се односи се електроничку и електричну опрему за коју се не примјењује намјенски стандард производа или стандард породице производа који се односе на изложеност људи електромагнетским пољима. Обухвата опрему с намјерним или ненамјерним зрачењем, као и њихову комбинацију.

Пружа методе процјене и критерије за оцјену опреме према ограничењима изложености људи повезаним с електричним, магнетским и електромагнетским пољима. Обухваћени фреквенцијски опсег је од 0 Hz до 300 GHz.

Документ не наводи ограничења изражена основним ограничењима и/или референтним нивоима. Таква ограничења подлијежу примијењеној шеми процјене, на примјер путем регионалних ограничења.

Ово издање укључује следеће значајне техничке промјене у односу на претходно издање:

- уведена је јасна разлика између намјерног и ненамјерног зрачења;
- разматра се изложеност неуниформним пољима;
- побољшан је третман несигурности за оцјењивања;
- различити режими сабирања описани су у Прилогу;
- кориштени су подаци из у међувремену објављених основних стандарда и стога су уклоњени сви информативни прилози из претходног издања. [15]

BAS ISO/IEC Guide 98-3:2015 - *Мјерна несигурност – Део 3: Водич за изражавање мјерне несигурности (GUM:1995)* (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT - *Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*)

Овај водич успоставља општа правила за процјену и изражавање несигурности у мјерењу која се може пратити на различитим нивоима тачности у многим аспектима - од радних мјерења до основних истраживања. Стога је намјера да принципи овог Водича буду примјенљиви на широк спектар мјерења, укључујући она потребна за:

- одржавање контроле квалитета и обезбјеђења квалитета у производњи;
- придржавање и спровођење закона и прописа;
- спровођење основних истраживања и примјењених истраживања и развоја у науци и инжењерству;
- калибрисање еталона и инструмената и извођење тестова у оквиру националног мерног система, ради постизања следивости према националним стандардима;
- развој, одржавање и упоређивање међународних и националних референтних стандарда, укључујући референтне прописе.

Овај водич се првенствено бави изражавањем несигурности у мјерењу претходно дефинисаних физичких величина - мјерних величина - које се могу окарактерисати јединственом вриједношћу. Ако величина од интереса може бити представљена само као расподела вриједности или је зависна од једног или више параметара, као што је вријеме, тада је мјерна величина потребна за његов опис скуп величина које описују ту расподелу или ту зависност.

Водич даје општа правила за процјену и изражавање несигурности у мјерењу и детаљна упутства специфична за технологију. Када се једном процијени неизвјесност одређеног резултата мјерења, може се користити у различите сврхе, на примјер, за извођење закључака о компатибилности тог резултата са другим сличним резултатима, да се утврде границе толеранције у производном процесу, или да се одлучи да ли се одређена акција може безбједно предузети. Стога ће можда бити потребно развити посебне стандарде засноване на овом Водичу који се баве проблемима својственим одређеним областима мјерења или са различитим употребама квантитативних израза неизвјесности. Ти стандарди могу бити поједностављене верзије овог водича, али треба да садрже детаље који одговарају нивоу тачности и сложености обрађених мјерења и употребе. [16]

BAS EN IEC 62232:2024 - *Одређивање јачине RF поља, густине снаге и SAR у близини радиокомуникационих базних станица ради процјене изложености људи* (EN IEC 62232:2022, IDT - *Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of base stations for the purpose of evaluating human exposure*)

Стандард се бави процјеном јачине RF поља, густине снаге и специфичне стопе апсорпције нивоа у близини

базних станица (*BS*), који се такођер називају производи или опрема која се тестира (*EUT*), зраче у опсегу радио фреквенција (*RF*) од 110 MHz до 300 GHz у складу са опсегом, клаузула 1 стандарда. Не бави се процјеном густине струје.

Методe процјене изложености радиофреквентним таласима које ће се користити за усаглашеност производа, усклађеност инсталације производа и процјене изложености *RF* зрачењу на локацији су наведене у овом документу. Границе изложености нису наведене у овом документу. Процјена изложености радиофреквентним таласима, коју спроводи субјекат, односи се на скуп граница изложености које се примјењују тамо гдје се изложеност дешава. Примјери примјењивих граница изложености разматраних у овом документу дати су у Библиографији стандарда, на примјер ICNIRP-2020, ICNIRP-1998, IEEE Std C95.1™-2019 и Сигурносни код 6. Стандард замјењује BAS EN 50383 и BAS EN 50492. [17]

III. ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ЗРАЧЕЊА НИСКИХ ФРЕКВЕНЦИЈА

Електромагнетна зрачења ниских фреквенција су тема од великог значаја за јавност, с обзиром на присуство преносних и дистрибутивних постројења и њихових компоненти у свим окружењима. У групу нискофреквентних електромагнетних зрачења фреквенције 50 Hz, спадају зрачења од кућних апарата, кабловских развода напајања у објектима, дистрибутивних и преносних далековада, трафостаница и разводних постројења, подземних електричних каблова.

На ниским фреквенцијама електрично и магнетно поље су практично независни, па се могу посматрати одвојено, што олакшава њихов прорачун и мјерење. Електрично поље практично зависи само од нивоа напона проводника, који је захваљујући регулацији напона у електроенергетском систему константан, док магнетно поље зависи од струје, која се стално мијења у току времена због промјене оптерећења.

У домаћинствима, поред електричних инсталација, налази се велики број апарата који се свакодневно користе, а који су извори зрачења на фреквенцији 50 Hz. Као што се може видјети из Табеле 1, већина њих у непосредној близини индукује магнетна поља чија је вриједност магнетне индукције већа него код далековада високог напона. [6]

ТАБЕЛА I – Вриједности јачине електричног поља и магнетне индукције за апарате у домаћинству [6]

Апарат	Магнетна индукција В (μТ)			Ел. поље Е (kV/m)	
	На растојању				
	3 cm	30 cm	1 m		30 cm
Фен	6 – 2000	0.01 – 7	0.01 – 0.03	0.08	
Ел. бријач	15 – 1500	0.08 – 9	0.01 – 0.03		
Усисивач	200 – 800	2 – 20	0.13 – 2	0.05	
Флуорес. сијалице	40 – 400	0.5 – 2	0.02 – 0.25		
Микроталасна	73 – 200	4 – 8	0.25 – 0.6		

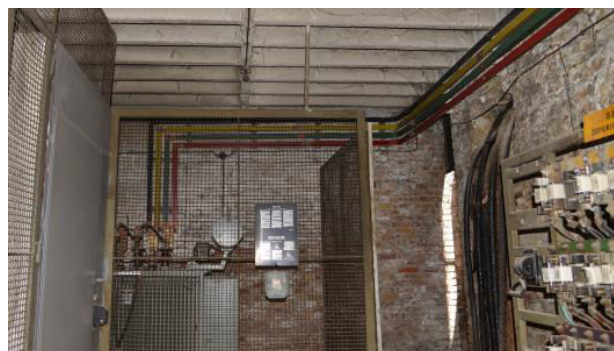
Радио пријемник	16 – 56	1	< 0.01	0.18
Ел. пећница	1 – 50	0.15 – 0.5	0.01 – 0.04	0.008
Веш машина	0.8 – 50	0.15 – 3	0.01 – 0.15	
Пегла	8 – 30	0.12 – 0.3	0.01 – 0.03	0.12
Машина за суђе	3.5 – 20	0.6 – 3	0.07 – 0.3	
Компјутер	0.5 – 30	< 0.01		
Фрижидер	0.5 – 1.7	0.01 – 0.2	< 0.01	0.12
Телевизор	2.5 – 50	0.04 – 2	0.01 – 0.15	0.06

У фази пројектовања далековада и трафостаница врши се прорачун електромагнетних поља како би се осигурало да ће електромагнетна зрачења изведених објеката бити у дозвољеним границама. Као потврда наведеном, врше се прва мјерења након којих изграђени објекти могу добити употребну дозволу. Такође се касније, у току експлоатације објеката, врше периодична мјерења чиме се провјеравају нивои електромагнетних зрачења. Мјерења врши ислучиво независна акредитована институција према стандардима наведеним у Поглављу IV.

A. Примјер анализе нивоа магнетне индукције у близини трансформаторске станице

Карактеристичан примјер који се може узети као репрезент електромагнетног зрачења јесу дистрибутивне трансформаторске станице које се налазе у објектима или у близини објеката као што су: стамбене зграде, школе, вртићи или неки други јавни објекти који су окарактерисани као зоне повећане осјетљивости.

Као примјер узете су трансформаторске станице 10/0,4 kV и 20/0,4 kV код којих доминантни извор магнетске индукције у зони повећане осјетљивости представљају шинске везе 0,4 kV, које повезују трансформатор и развод 0,4 kV, Слика 1. Мјерењем се добијају вриједности магнетске индукције које зависе од тренутног оптерећења трансформатора, док се прорачуном могу добити и максималне вриједности магнетске индукције које би се јавиле при оптерећењу трансформатора назначеном струјом. [7]

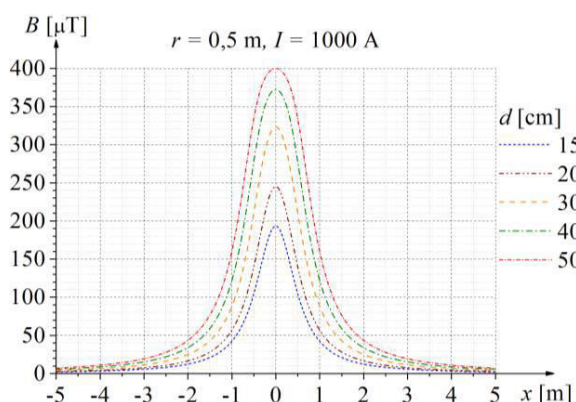


Слика 1. Трансформаторска станица у подруму стамбене зграде (10/0,4 kV, 1 × 1000 kVA) [10]

Ниво магнетске индукције у зони повећане осјетљивости примарно зависи од распореда опреме у трансформаторској станици, и то првенствено од положаја шина које повезују трансформатор и развод 0,4 kV, али и од снаге трансформатора, тј. од његове назначене струје. Испитивања су показала да трансформаторске станице код којих се шинске везе 0,4 kV налазе непосредно уз плафон или зид трансформаторске станице представљају најнеповољнију конфигурацију са аспекта изложености магнетском пољу, уколико се са друге зида налази простор зоне повећане осјетљивости.

Међутим, у пракси постоје случајеви када се мјерењем добија вриједност магнетске индукције која је нижа од граничне референтне вриједности (40 μT [2]), а прорачун показује да би при оптерећењу трансформатора назначеном струјом вриједност магнетске индукције у зони повећане осјетљивости прекорачила граничну референтну вриједност. У таквим случајевима је примјена методологије прорачуна од изузетног значаја, како би се донио поуздан и коначан закључак о усаглашености са прописаним границама излагања и предузеле одговарајуће мјере заштите. Поред тога, постоје и случајеви када се мјерењем у зони повећане осјетљивости добијају вриједности које прекорачују 10% граничног референтног нивоа (4 μT), због чега се трансформаторска станица категорише као извор од посебног интереса, али се прорачуном показује да гранична референтна вриједност не може да буде прекорачена ни при оптерећењу трансформатора назначеном струјом, па је примјена методологије прорачуна значајна и у оваквим случајевима.

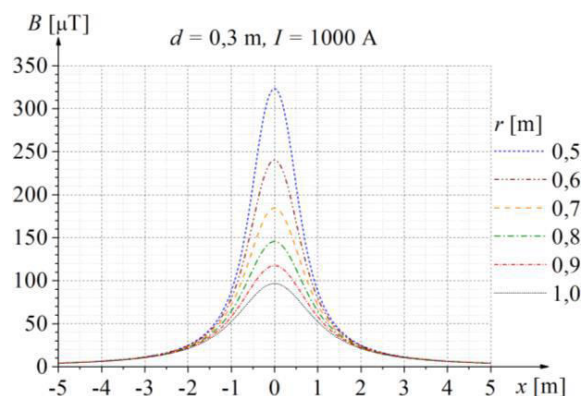
Дат је примјер анализе утица растојања између шина на вриједности магнетске индукције. [8] Прорачуната је вриједност магнетске индукције на растојању $r = 0,5$ m од шина и при струји $I = 1000$ A кроз шине. Растојање између шина (d) варирано је у опсегу од 15 cm до 50 cm. Добијени резултати су приказани на слици 2. Показано је да са повећањем растојања између шина вриједности магнетске индукције расту.



Слика 2. Израчунате вриједности магнетске индукције за различита растојања између шина (d) [8]

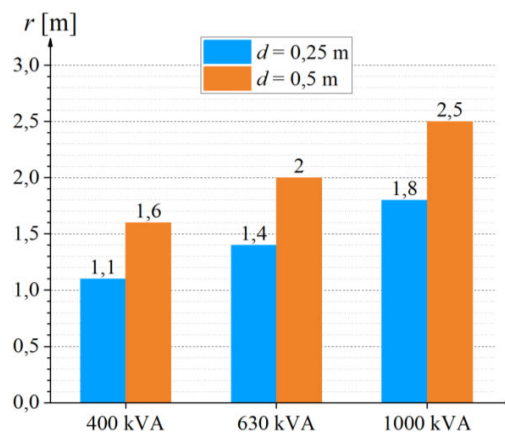
У другом случају анализиран је утицај растојања од шина на вриједности магнетске индукције. Прорачун је

спроведен за растојање између шина $d = 0,3$ m и струју $I = 1000$ A. Растојање од шина (r) варирано је у опсегу од 0,5 m до 1 m. Добијени резултати су приказани на слици 3. Са слике се види да се са повећањем растојања од шина вриједности магнетске индукције смањују.



Слика 3. Израчунате вриједности магнетске индукције за различита растојања од шина (r) [8]

Збирни приказ добијених резултата дат је на слици 4. На слици су приказане вриједности растојања од шина ниског напона, на којима су израчунате вриједности магнетске индукције ниже од граничне референтне вриједности (40 μT) и то за различита растојања између шина (0,25 m и 0,5 m) и различите вриједности назначене снаге трансформатора (400 kVA, 630 kVA и 1000 kVA). Вриједности растојања (r), за које вриједности магнетске индукције не прекорачују гранични референтни ниво (40 μT), веће су при већим растојањима између шина, као и при већим назначеним снагама, тј. назначеним струјама трансформатора.



Слика 4. Растојања од шина ниског напона, r (m), при којима су израчунате вриједности магнетске индукције ниже од 40 μT [8]

IV. ПРЕПОРУКЕ И ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА

Због појаве све већег броја извора електромагнетног зрачења, последњих неколико деценија се велика пажња посвећује изучавању утицаја електромагнетних поља на

жива бића, првенствено на људе. Узимајући у обзир досадашња епидемиолошка, лабораторијска и друга испитивања, компетентне и свјетски познате институције донијеле су препоруке у којима су, поред осталог, утврђене граничне вриједности интензитета електричног и магнетног поља којем могу бити изложена жива бића а да та изложеност не утиче на њихово здравље.

Међународна комисија за заштиту од нејонизујућег зрачења, (*ICNIRP – International Conference for Non-Ionizing Radiation Protection*), издала је препоруке:

- “*ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*”, *Health Physics vol. 74, pp. 494–522, 1998*. За поља фреквенције 50 Hz, наведене су граничне вриједности јачине електричног поља и магнетске индукције од 5 kV/m и 100 μ T, за општу популацију.

За опсег фреквенција од 1 Hz до 100 kHz је 2010. године објавио нове препоруке.

- “*ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz)*”, *Health Physics vol.99(6), pp. 818-836, 2010*. За поља фреквенције 50 Hz, наведене су граничне вриједности јачине електричног поља и магнетске индукције од 5 kV/m и 200 μ T, за општу популацију. [3]

Европска унија је 1999. године објавила препоруку у којој су границе излагања електромагнетним пољима за општу популацију преузете директно из препорука Међународне комисије за заштиту од нејонизујућег зрачења *ICNIRP* из 1998. *COUNCIL RECOMMENDATION of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC)*. [4]

Свјетска здравствена организација (*WHO*) као дио своје повеље о заштити јавног здравља и као одговор на забринутост јавности због могућих утицаја на здравље усљед изложености електромагнетним зрачењима, је 1996. године успоставила међународни пројекат за процјену научних доказа о могућем здравственом утицају електромагнетних поља у фреквенцијском распону од 0 до 300 GHz. Пројекат потиче усмјерено истраживање како би се попунили празнине у знању и олакшао развој међународно прихватљивих стандарда који ограничавају изложеност електромагнетним пољима. [5]

У Табели 2 дат је преглед европских земаља које су прихватиле препоруку од стране релевантних међународних организација (препука *ICNIRP*-а или сличне граничне вриједности одређене тако да не могу изазвати негативне ефекте на здравље) – Група I; земље које су прописале много строжије граничне вриједности (било као додаток или умјесто Препорука ЕУ) – Група II; и земље које су донијеле и додатне препоруке (које се не изказују као бројчана ограничења) - Група III.

ТАБЕЛА II – Преглед земаља које су прихватиле препоруке ЕУ [9]

Група I	Група II	Група III
Бугарска	Аустрија	Данска
Кипар	Белгија	Велика Британија
Чешка	Швајцарска	Норвешка
Њемачка	Италија	Шведска
Естонија	Хрватска	
Шпанија	Литванија	
Финска	Луксембург	
Француска	Холандија	
Грчка	Пољска	
Мађарска	Србија	
Ирска	Словенија	
Летонија	Црна Гора	
Португал		
Румунија		
Словачка		

Препозната је потреба да се ова област правно уреди и у нашој држави, што је спроведено доношењем закона и пратећих подзаконских аката. На снази су *Закон о заштити од нејонизујућег зрачења*, донешен 2019. године („Службени гласник Републике Српске“ број 36/19), као и *Правилник о заштити од електромагнетних поља до 300 GHz* („Службени гласник Републике Српске“ број 99/19) и *Правилник о стручним пословима заштите од електромагнетних поља* („Службени гласник Републике Српске“ број 43/20). [11]

Вриједности карактеристичних величина према *Правилнику о заштити од електромагнетних поља до 300 GHz* („Службени гласник Републике Српске“ број 99/19), за мрежну фреквенцију, дате су у Табели 3. [2]

ТАБЕЛА III – Граничне вриједности референтних величина [2]

Граничне вриједности референтних величина			
Фреквенција	Јачина електричног поља E (V/m)	Јачина магнетног флукса H (A/m)	Густина магнетног флукса B (μ T)
Граничне вриједности за подручја професионалне изложености			
50 Hz	5000	80	100
Граничне вриједности за јавна подручја			
50 Hz	5000	80	100
Граничне вриједности за подручја повећане осјетљивости			
50 Hz	2000	32	40

V. ЗАКЉУЧАК

Дат је преглед релевантних стандарда који се односе на процедуре мјерења и прорачуна електромагнетног зрачења и њиховог утицаја на здравље. Препоруке граничних вриједности међународних и европских организација су наведене, као и законска регулатива наше земље. Дат је карактеристичан примјер, из праксе, прорачуна електромагнетног зрачења од стране извора у близини зоне повећане осјетљивости, дистрибутивне трансформаторске станице. Како би добијени резултати били на страни

сигурности, прорачуни су спроведени за случај када би трансформатор био оптерећен назначеном струјом. Добијени резултати показују да на нивоу магнетске индукције у зони повећане осетљивости највише утичу струја оптерећења трансформатора, растојање од шинских веза до зоне повећане осетљивости, као и међусобно растојање између шина. Приликом пројектовања и изградње нових трансформаторских станица у зградама неопходно је водити рачуна о распореду опреме у трансформаторској станици и придржавати се наведених растојања, тако да се избјегне појава високих вриједности магнетског поља у зонама повећане осетљивости.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] BAS EN 50413:2021 - Основни стандард за мјерење и поступци прорачуна изложености људи електричним, магнетним и електромагнетним пољима (0 Hz - 300 GHz) (идентичан EN 50413:2019).
- [2] Правилник о заштити од електромагнетних поља до 300 GHz („Службени гласник Републике Српске“ број 99/19).
- [3] Веб сајт - <http://www.icnirp.org/>
- [4] Веб сајт - <https://osha.europa.eu/en/legislation/guidelines/council-recommendation-1999519ec-limitation-exposure-general-public-electromagnetic-fields-0-hz-300-ghz>
- [5] Веб сајт - https://www.who.int/health-topics/electromagnetic-fields#tab=tab_1
- [6] Веб сајт - <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-electromagnetic-fields>
- [7] М. Грбић, А. Павловић „Методологија за одређивање максималне вредности магнетске индукције у зонама повећане осетљивости у близини трансформаторских станица напонских нивоа 10/0,4 kV и 20/0,4 kV заснована на резултатима мерења и прорачуна“, XIII саветовање о електродистрибутивним мрежама Србије са регионалним учешћем, Национални комитет CIREД Србија, Копаоник, Република Србија, 12–16.9.2022. године, Зборник радова, Р-1.14, СТК 1 – Компоненте мрежа.
- [8] Маја Грбић, Александар Павловић „Анализа нивоа магнетске индукције у зонама повећане осетљивости изнад трансформаторских станица напонског нивоа 10/0,4 kV“, XIV саветовање о електродистрибутивним мрежама Србије са регионалним учешћем, Национални комитет CIREД Србија, Копаоник, Република Србија, 16–20.9.2024. године, Зборник радова, Р-1.17, СТК 1 – Компоненте мрежа.
- [9] Веб сајт - <https://www.emfs.info/limits/world/>
- [10] Маја Грбић, Александар Павловић: „Анализа нивоа магнетске индукције у стану изнад дистрибутивне трансформаторске станице напонског нивоа 10/0,4 kV пре и после примене мера заштите“, XI

саветовање о електродистрибутивним мрежама Србије са регионалним учешћем, Национални комитет CIREД Србија, Копаоник, Република Србија, 24–28. 9. 2018. године, Зборник радова, Р-1.27, СТК 1 – Компоненте мрежа.

- [11] Веб сајт - <https://rzsm.org/tehprop/mzsz>
- [12] BAS EN 61786-1:2015; prBAS EN 61786-1/A1:2025 - Мјерење једносмјерних магнетских и наизмјеничних магнетских и електричних поља у опсегу од 1 Hz до 100 kHz у погледу изложености људи — Дио 1: Захтјеви за мјерне инструменте (идентичан EN 61786-1:2014, EN 61786-1:2014/A1:2024).
- [13] prBAS IEC 61786-2:2025 - Мјерење једносмјерних магнетских и наизмјеничних магнетских и електричних поља у опсегу од 1 Hz до 100 kHz у погледу изложености људи — Дио 2: Основни стандард за мјерења (идентичан IEC 61786-2:2014).
- [14] BAS EN 62110:2010; BAS EN 62110/Cor1:2016 - Нивои електричних и магнетских поља насталих у системима измјеничне струје – Мјерне процедуре у односу на изложеност људи (идентичан EN 62110:2009).
- [15] BAS EN IEC 62311:2021 - Процјена електронске и електричне опреме у вези с ограничењима изложености људи електромагнетним пољима (0 Hz – 300 GHz) (идентичан EN IEC 62311:2020).
- [16] BAS ISO/IEC Guide 98-3:2015 - Мјерна несигурност – Дио 3: Водич за изражавање мјерне несигурности (GUM:1995) (идентичан ISO/IEC Guide 98-3:2008).
- [17] BAS EN IEC 62232:2024 - Одређивање јачине RF поља, густине снаге и SAR у близини радиокомуникационих базних станица ради процјене изложености људи (идентичан EN IEC 62232:2022).

ABSTRACT

The paper presents the key characteristics of standards related to measurements and calculations of electric and magnetic fields that may affect human health, with an emphasis on low-frequency radiation. Theoretical calculation methods and general knowledge related to levels and exposure to electromagnetic radiation in areas of the environment where human health may be affected are presented. Recommendations from international and European organizations for protection against non-ionizing radiation, as well as regulations at the national level, are given.

STANDARDS FOR PROCEDURES MEASURING AND CALCULATING ELECTROMAGNETIC FIELDS THAT MAY AFFECT HUMANS

Miljan Vasković, Goran Mrkaja