Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 21, брой 3/3, 2023 г.

Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 2425**

ПРОУЧВАНЕ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ЕЛЕКТРОМАГНИТНА СЪВМЕСТИМОСТ В ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ТРАНСПОРТНИ СИСТЕМИ

Илко Търпов, Васил Димитров
itarpov@vtu.bg, vdimitroff@vtu.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
гр. София, ул. „Гео Милев” 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *Електромагнитна съвместимост, електрически автобуси, локомотиви, тролейбуси*

Резюме: *Електромагнитните полета са комбинация от електрически и магнитни полета със заряд. Генерират се от природни явления, както и от човешки дейности, главно при употребата на електричество. Излагането на електромагнитни полета причинява незабавни биологични ефекти, ако полетата са достатъчно силни. Ефектите варират от стимулиране на нерви и мускули до загряване на тъканите на тялото в зависимост от честотата. За предпазване от тези влияния са създадени норми за излагане на електромагнитни полета.*

Тяговата електрозахранваща система (ТЕС) и електрическите транспортни средства (ЕТС), работещи при непрекъснат режим на работа, се явяват източници на електромагнитни излъчвания. Затова проучване на изискванията, свързани с електромагнитната съвместимост в електрически транспортни системи съвместно с провеждане на изследвания относно оценка нивата на електромагнитните излъчвания, се една изключително сложна и актуална тематика. В доклада са разгледани нормите, залегнали в българското законодателство, касаещи излагане под въздействието на електромагнитни полета.

УВОД

Повечето електромагнитни полета, създадени от човека, променят посоката си и са с различна честота. При неавтономния електрически транспорт честотата на захранващите линии в Р. България е 50 Hz, докато при преобразувателната техника тя варира от 0 да 400 Hz. В някои комуникационни системи в ЕТС се наблюдават честоти от десетки MHz.

Полета, които не се променят с времето, се наричат статични. Статичните магнитни полета са генерирани от постоянни магнити и от уреди и електропреносни мрежи за постоянен ток.

Излагането на електромагнитни полета причинява биологични ефекти, които варират от стимулиране на нерви и мускули до загряване на тъканите на тялото в зависимост от честотата и интензитета на полето. [1÷8, 10] За предпазване от тези влияния са създадени норми за излагане на електромагнитни полета.

В електрическите транспортни средства съществуват множество машини и

съоръжения, работещи с различни честоти, като тягови трансформатори, преобразуватели, инвертори, високоволтови кабели и шини, безжични комуникационни уредби и апарати, позициониращи системи и др. Когато човешкото тяло е изложено на радиочестотни полета, то натрупва енергия с течение на времето. Един от най-важните фактори е разстоянието от източника на излъчване. Силата на полето бързо намалява с увеличаване на разстоянието, което означава, че човек натрупва повече енергия от устройство, което използва в близост до тялото си, като мобилен телефон, отколкото от по-силен източник, като радиопредавателна кула, която обикновено се намира на по-отдалечено разстояние. Радиочестотните полета причиняват главоболие, умора и световъртеж.

Всичко това налага да се обърне внимание на влиянието на електромагнитните въздействия в едно транспортно средство - както върху обслужващия персонал, така и върху пътниците в електрически автобуси, локомотиви, мотрисни влакове, трамваи, тролейбуси и др. В доклада са разгледани нормите, залегнали в българското законодателство, касаещи излагане под въздействието на електромагнитни полета.

НОРМАТИВНА УРЕДБА

Съществуват национални и международни норми по отношение ограничаване на въздействието на електромагнитните полета в зависимост от честотния обхват, зоните на достъп и работните места. С Препоръка 1999/519/ЕО от 12.07.1999 г. относно ограничаването на експозицията на населението на електромагнитни полета (от 0 Hz до 300 GHz) Европейската общност регламентира своите действия по отношение контрола на експозицията. В документа се предлага набор от основни ограничения и референтни нива, предоставят се насоки за правителствата на страните от ЕС.

Съгласно Директива 2014/30/ЕС на европейския парламент и на съвета от 26.02.2014 г. за хармонизиране на законодателствата на държавите членки относно електромагнитната съвместимост трябва да се „регулира електромагнитната съвместимост на съоръженията“ с цел „да се осигури функционирането на вътрешния пазар, като се изисква съоръженията да отговарят на съответно ниво на електромагнитна съвместимост“ [10].

„Електромагнитна съвместимост е способността на превозното средство, компонент/и или отделен/и технически възел/и да функционира удовлетворително в своята електромагнитна обстановка, без да създава недопустими електромагнитни смущения за който и да е обект в тази среда“[9].

Съоръженията следва да бъдат проектирани и произведени, като се отчита развитието на съвременните технологии в тази област, така че: генерираните смущаващи електромагнитни въздействия да не надвишават нивото, над което радио-, далекосъобщителни или други съоръжения не могат да се използват по предназначение; да притежават ниво на устойчивост към смущаващи електромагнитни въздействия, които се очакват при използването им, като тази устойчивост позволява на съоръженията да работят без неприемливо влошаване при използването им по предназначение.

Според „Наредба за съществените изисквания и оценяване на съответствието за електромагнитна съвместимост“ в сила от 20.04.2016 г. се определят съществените изисквания за електромагнитна съвместимост към устройствата и неподвижно монтираните инсталации.

Законът, регламентиращ обществените отношения в системата на здравеопазването, е Законът за здравето, обн. ДВ, бр. 70/2004 г. Съгласно разпоредбите му, нейонизиращите лъчения в жилищни, производствени, обществени сгради и урбанизирани територии са фактор на жизнената среда и подлежат на контрол, а

обектите – източници на нейонизиращи лъчения са обекти с обществено предназначение и също подлежат на държавен здравен контрол, който се извършва в съответствие с разпоредбите на Наредба №36 за условията и реда за упражняване на държавен здравен контрол, обн. ДВ, бр. 63/2009 г.

Има въведени норми за плътност на потока на мощността S, респективно интензитета на електрическото поле E и интензитета на магнитното поле H, като характеристики на електромагнитното поле на радиопредавателните съоръжения и др.

Нормите за електромагнитни полета са определят в зависимост от честотата и в зависимост от плътността на потока на мощност в W/m^2 (над 300 MHz), или поотделно за интензитет на електрическо поле (V/m) и за интензитет на магнитно поле (A/m) (под 300 MHz), както и за Specific Absorption Rate (SAR), относителен коефициент на поглъщане във W/kg [1, 2, 3, 4]. Също така те са дефинирани поотделно за население и за персонал, като за персонал се определя и максимално време за пребиваване в зоната на облъчване.

Съгласно Наредба № 9 за пределно допустимите нива на електромагнитни полета в населени територии и определяне на хигиенно-защитни зони около излъчващи обекти на МЗ и МОС (ДВ, бр. 35 от 1991 г., попр. ДВ. бр. 38 от 14 май 1991 г., изм. ДВ. бр. 8 от 22 януари 2002 г.) в таблици са дадени стойностите на пределно-допустимите нива на електромагнитно излъчване за населението в България и сравнени с други държави.

Най-важните организации, които определят пределно допустими норми, са: ICNIRP Reference Levels 1998 (International Commission on NonIonizing Radiation Protection www.icnirp.org), USA FCC (Federal Communication Commission www.fcc.gov), IEEE C95 (www.ieee.org), Canada Safety Code 6 (www.hc-sc.gc.ca/rpb) и др. Всеки орган за контрол дава оценка за съответствието на електромагнитното излъчване спрямо националните норми и трябва да покрива изискванията на БДС EN ISO/IEC 17020.

С наредба № РД-07-5 от 15.11.2016 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на електромагнитни полета, в сила от 02.03.2017 г., издадена от министъра на труда и социалната политика и министъра на здравеопазването, обнародвана в ДВ. бр.95 от 29.11.2016 г., се определят минималните изисквания за защита на работещите от съществуващи или потенциални рискове за здравето и безопасността, причинени от експозиция на електромагнитни полета по време на работа.

За прилагането на наредбата се използват предоставените от Европейската комисия препоръчителни практически ръководства за добри практики при прилагане на Директива 2013/35/ЕС за електромагнитните полета: Практическо ръководство, Проучвания на конкретни случаи и незадължително Ръководство за малки и средни предприятия.

С наредба за съществените изисквания и оценяване на съответствието за електромагнитна съвместимост в сила от 20.04.2016 г., приета с ПМС № 47 от 15.03.2016 г., обнародвана в ДВ. бр. 23 от 25.03.2016 г., изм. ДВ. бр. 32 от 22.04.2016 г., изм. и доп. ДВ. бр. 87 от 31.10.2017 г. се определят съществените изисквания за електромагнитна съвместимост към устройствата и неподвижно монтираните инсталации, процедурите за оценяване на съответствието и начините за удостоверяване на съответствието със съществените изисквания.

ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ПОЛЕТА В РАБОТНА СРЕДА СПОРЕД БДС

Стандартът се отнася за електромагнитните полета (ЕМП) в честотния обхват от 0,06 до 300MHz и определя максимално допустимите стойности на интензитетите на ЕМП на работните места на персонала, обслужващ съоръжения, излъчващи енергия на ЕМП, а също така и изисквания за контрол на работните места.

Максимално допустими стойности на радиочестотните ЕМП на работните места трябва да се оценяват по интензитетите на електрическото (Е) и магнитното (Н) поле и по енергийните параметри на електромагнитното въздействие $W_E(V^2.m^{-2}.h)$ и $W_H(A^2.m^{-2}.h)$, които се определят по формулите:

(1) $W_E = \mathrm{E}^2.\mathrm{T}$;

(2) $W_H = H^2.\mathrm{T}$;

където E е измерената стойност на интензитета на електрическото поле, $\mathrm{V}.m^{-1}$;

H – измерената стойност на интензитета на магнитното поле, $\mathrm{A}.m^{-1}$;

T – продължителност на облъчване по време на работа.

Максимално допустимите стойности на посочените параметри не трябва да надвишават дадените в таблица 1.

Максимално допустимите интензитети $\mathrm{E_T}(\mathrm{V}.\mathrm{m}^{-1})$ и $\mathrm{H_T}(\mathrm{A}.\mathrm{m}^{-1})$ при определена продължителност на въздействие на Т(h) се определят по формулите:

(3) $E_T \leq \sqrt{\frac{W_{Emax}}{T}}$;

(4) $H_T \leq \sqrt{\frac{W_{Hmax}}{T}}$;

Таблица 1. Максимално допустими стойности на W_E , W_H , $\mathrm{E_T}$ и $\mathrm{H_T}$

Честотен обхват, MHz	Максимално допустими енергийни параметри		Максимално допустими интензитети	
	На електрическото поле W_{Emax} , $V^2.m^{-2}.h$	На магнитното поле W_{Hmax} , $A^2.m^{-2}.h$	На електрическото поле $\mathrm{E_T}$, $\mathrm{V}.\mathrm{m}^{-1}$	На магнитното поле $\mathrm{H_T}$, $\mathrm{A}.\mathrm{m}^{-1}$
От 0,06 до 3	20 000	–	500	–
От 3 до 30	200	–	200	–
От 30 до 300	800	–	60	–
От 0,06 до 10	–	200	–	50
За въртящи се и сканиращи антени се допуска до 10 пъти по-висока стойност на W_{Emax}. *				

Максимално допустимо време на облъчване T_{max} (h) през работния ден при измерени интензитети на електрическото $\mathrm{E}(\mathrm{V}.\mathrm{m}^{-1})$ и магнитното $H(\mathrm{A}.\mathrm{m}^{-1})$ поле се определя по формулите :

(5) $T_{Emax} = \frac{W_{Emax}}{E^2}$;

(6) $T_{Hmax} = \frac{W_{Hmax}}{H^2}$.

При едновременно облъчване с електрическо и магнитно поле в честотния обхват от 0,06 до 10MHz е важно да се спазва условието:

(7) $\frac{W_E}{W_{Emax}} + \frac{W_H}{W_{Hmax}} \leq 1$,

където W_E и W_H са енергийните параметри, характеризиращи даденото въздействие и определени по формули (1) и (2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всяка държава определя свои норми за нейонизиращо лъчение по различни критерии и достоверно определен механизъм на въздействие, поради което се констатира голямо разнообразие от стойности. В доклада са разгледани нормите и изискванията, залегнали в европейските директиви и българското законодателство, касаещи излагане под въздействието на електромагнитни полета, както на персонала, така и на пътниците. Посочени са нормативни документи касаещи ЕМС на енергийни системи в ЕТС, работещи с промишлена честота и комуникационни системи, използвани в транспорта, излъчващи на високи честоти.

ЛИТЕРАТУРА:
[1] Василев, Р., Р. Киров, В. Гюров, М. Пройков, Хр. Панчев, Относно формулиране на подходи и концепции за оценка на влиянието на електромагнитните полета върху електромагнитната съвместимост в електроснабдителните системи, сп. „Механика, транспорт, комуникации", бр.16, том 3/2, стр. 98-104, статия №1729, ISSN 1312-3823, 2018
[2] Стефанова Т., Източници на електромагнитни излъчвания. Въздействия на електромагнитните полета и начини за намаляване на тяхното влияние, Н. сп. „Управление и образование", Том 9 (6), стр.138-147, 2013
http://www.conference-burgas.com/maevolumes/vol9/BOOK%206/b6_22.pdf
[3] Чернева Г., П. Иванов, Оценка на електромагнитното поле на клетъчни мрежи за мобилни комуникации, сп. „Механика, транспорт, комуникации", бр.3, том 19, стр. XII-1÷XII-5, статия № 2155, ISSN 1312-3823, 2021
[4] Световна здравна организация – Електромагнитни полета.
https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/electromagnetic-fields
[5] Static Magnetic Fields - https://www.icnirp.org/en/frequencies/static-magnetic-fields-0-hz/index.html
[6] Влияние на електромагнитните полета върху здравето на хората, 2011
https://www.mh.government.bg/media/filer_public/2015/04/08/vliyanie-na-elektromagnitni-poleta.pdf
[7] Европейска комисия Генерална дирекция „Трудова заетост, социални въпроси и приобщаване" Отдел Б3. Незадължително ръководство за добри практики при прилагане на Директива 2013/35/ЕС за електромагнитните полета. Том 1. 2014
https://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=14741&langId=bg
[8] Електромагнитни полета, 2007
https://www.mh.government.bg/media/filer_public/2015/04/08/informatsiya-vaznikvashti-riskove-za-zdraveto_25-11-2010.pdf
[9] Официален вестник на Европейския съюз, L 41, 17 февруари 2017 г.
EUR-Lex - L:2017:041:ПЪЛЕН - BG - EUR-Lex (europa.eu)
[10] Директива 2014/30/ЕС на европейския парламент и на съвета за хармонизиране на законодателствата на държавите членки относно електромагнитната съвместимост, 26.02.2014

ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY REQUIREMENTS IN ELECTRIC TRANSPORTATION SYSTEMS

Ilko Tarpov, Vasil Dimitrov
itarpov@vtu.bg, vdimitroff@vtu.bg

Todor Kableshkov Higher School of Transport - Sofia
158 "Geo Milev" Str., Sofia, BULGARIA
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *electromagnetic compatibility, electrical buses, locomotives, trolleybuses*

Abstract: *Electromagnetic fields are a combination of electric and magnetic fields with charge. They are generated by natural phenomena as well as by human activities, mainly in the use of electricity. Exposure to electromagnetic fields causes immediate biological effects if the fields are strong enough. The effects range from stimulating nerves and muscles to heating the body's tissues, depending on the frequency. To protect against these influences, norms for exposure to electromagnetic fields have been created.*

The traction electric power system and the electric vehicles operating in a continuous mode of operation are sources of electromagnetic radiation. Therefore, the study of the requirements related to electromagnetic compatibility in electric transport systems together with conducting research on the assessment of the levels of electromagnetic radiation is an extremely complex and current topic. The paper examines the norms laid down in Bulgarian legislation regarding exposure to electromagnetic fields.