

ИЗСЛЕДВАНЕ ИНТЕНЗИТЕТА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКОТО ПОЛЕ ПРИ ИНДУКЦИОННО ЗАГРЯВАНЕ НА БАНДАЖНИ ГРИВНИ

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: електромагнитно поле (ЕМП), електромагнитни излъчвания, индукционен нагревател, техническа безопасност

Резюме: Изследването на електромагнитни полета (ЕМП) в близост до мощни електрически уредби е от все по-голямо значение за оценка на електромагнитните излъчвания и тяхното въздействие върху обслужващия персонал, както и за съответствие със стандартите за електромагнитна съвместимост. В доклада е анализирано влиянието на ЕМП върху здравето на човека. Проведено е изследване на електрическото поле в близост до индукционен нагревател – такива съоръжения намират широко приложение в локомотивните ремонтни бази и се използват като ефективен, бърз и прецизен метод при подмяната на бандажни гривни на локомотивни колооси посредством електрическото им загряване чрез вихрови токове. Извършени са измервания на интензитета на електрическото поле в близост до нагревателя (бандажното огнище) при реални работни условия в локомотивно депо Пловдив, като целта е да се определи безопасната зона. Използвана е подходяща апаратура и е представена методика за събиране, анализ и обработка на необходимите данни. Получените резултати показват, че полето отслабва с отдалечаване от индуктора и на разстояние над 1 m практически е незначително. Набелязани са, също така, организационни и технически мерки, които трябва да се изпълняват при работа с мощни електрически уредби с цел ограничаване вредното влияние на полето върху обслужващия персонал.

ВЪВЕДЕНИЕ

Електромагнитното излъчване (ЕМИ) представлява разпространяваща се през пространството вълна с електрическа и магнитна компонента, които осцилират под прав ъгъл спрямо посоката на разпространение на вълната, както и една спрямо друга. Изразът се използва и като синоним за електромагнитни вълни (ЕМВ) дори когато те не се излъчват или разпространяват в откритото пространство.

ЕМИ притежава енергия, импулс и момент на импулса, които могат да се предават, когато излъчването взаимодейства с някакво вещество.

В близост до мощни електрически машини и съоръжения неминуемо при тяхната работа се излъчват ЕМВ, които обуславят наличието на електромагнитни полета (ЕМП).

Това налага тези полета да се изучават и да бъдат изследвани с цел предприемане на необходимите организационни и инженерно-технически мероприятия за ограничаване на тяхното вредно въздействие, както върху хората [1, 2], така и върху съседни сигнални и комуникационни мрежи.

В доклада се разглежда електрическо нагряване на бандажни гривни на локомотивни колооци, което се използва при подмяната им с нови на колелетата на локомотиви. Извършени са измервания на интензитета на електрическото поле в близост до индукционния нагревател (бандажно огнище) с цел да се определи безопасната зона и да се набележат мерки за ограничаване вредното влияние на полето върху обслужващия персонал.

ВЛИЯНИЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ИЗЛЪЧВАНИЯ ВЪРХУ ЗДРАВЕТО НА ЧОВЕКА

ЕМП са широко разпространени в околната среда и непрекъснато се увеличават. Когато ЕМП са достатъчно силни, биха причинили незабавни биологични ефекти, които могат да варират от стимулиране на нерви и мускули до загряване на тъканите на тялото в зависимост от честотата. Нискочестотните импулси са познати още като нейонизираща радиация, която може да е изключително опасна. ЕМП са основен фактор за увеличаване брой ракови заболявания, който се наблюдава през последните десетилетия [3].

Симптоми, които могат да се появят в резултат от прекомерно излагане на електромагнитни вълни, са нарушен сън и безсъние, главоболие и/или мигрена, депресия и тревожност, безпокойство, хронична преумора, нарушена концентрация, раздразнителност, виене на свят, липса на апетит и загуба на тегло, гадене, неприятни усещания по кожата (иглички, горещи вълни, студ). ЕМП оказват въздействие и върху репродуктивните способности на живите организми. При прекомерно излагане на електромагнитни полета се наблюдава вредно влияние върху паметта, както и склонност към стрес.

Една от основните величини, която характеризира електрическото поле, е интензитетът E , V/m . Изследванията на биологичните ефекти на електрическото поле са установили, че при интензитет над 1 kV/m има неблагоприятен ефект върху човешката нервна система, което от своя страна води до нарушения на ендокринния апарат и метаболизъм в организма, нарушава физиологичните функции: сърдечен ритъм, кръвно налягане, мозъчна дейност, метаболитни процеси и имунна активност.

Няма съществуващи варианти, с които да се предпазят хората изцяло от влиянието на всички съвременни технологии. Познати са методи, с които може ефективно да се намали въздействието на ЕМП. Защита от ЕМВ с промишлена честота се осъществява чрез екраниращи устройства, екраниращи костюми и др. Колкото по-далеч се намира човек от даден излъчвател, толкова по-слаб ефект ще се наблюдава от неговите електромагнитни полета. ЕМП са най-силни в близост до мощни електрически уредби [2, 4].

ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ИЗЛЪЧВАНИЯ ОТ ИНДУКЦИОННО БАНДАЖНО ОГНИЩЕ

Електрическото нагряване на бандажни гривни се използва като ефективен, бърз, прецизен и безопасен метод при подмяната им [5]. Поради това съоръжението с индукционен нагревател (чрез вихрови токове) намира широко приложение в локомотивните ремонтни бази. Бандажната гривна увеличава диаметъра си вследствие на загряването и лесно може да бъде подменена.

Електрическите съоръжения за индукционно нагряване излъчват статично поле и редуващи се вълни. Теоретично те могат да предизвикат резонанс в тялото и вътрешните

органи, тъй като индустриалната честота на тока е 50 Hz. В човешкото тяло няма органи, които да реагират на такива честоти, а вибрациите с по-ниска честота влияят негативно на тялото. За да се предпази персонала от въздействието на ЕМВ, е необходимо да се създадат санитарни зони.

Електрическото поле не прониква през тялото, а само генерира заряди на неговата повърхност.

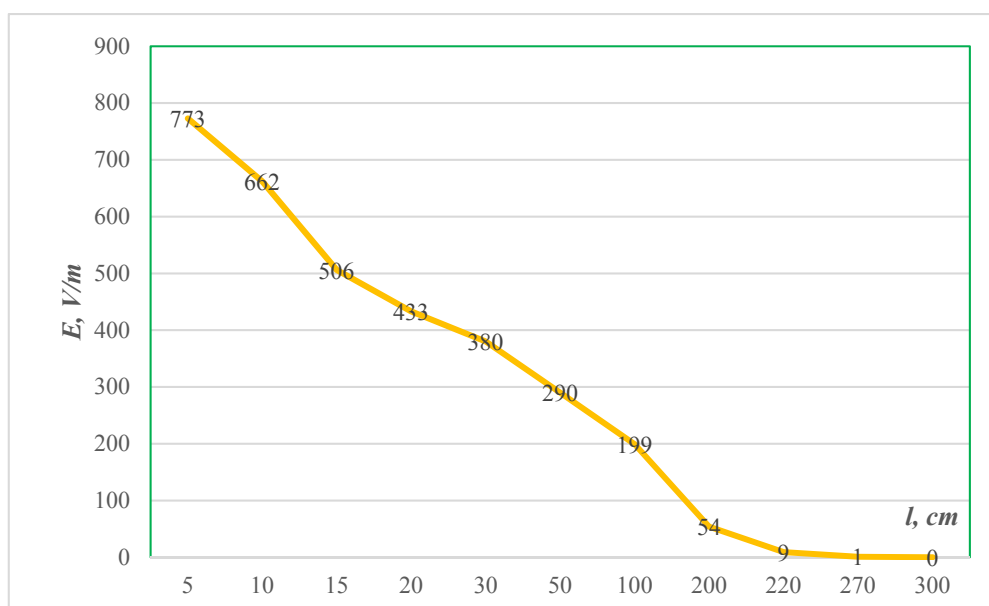
В зоните около съоръжението за индукционно загряване с промишлена честота експозицията на свръхнискочестотни полета е под определените норми за безопасност. Работниците в подобни отделения са подложени по-интензивно на експозиция на електромагнитни полета, поради което се налага периодично проследяване на интензитета на полето и определяне на подходящи предпазни средства.

За проследяване на интензитета на електрическото поле E в близост до съоръжение за индукционно нагряване на бандажни гривни е проведено измерване в локомотивно депо Пловдив. Използван е измервателен уред *Цифров тестер за електромагнитни полета EMF-280*. С него може да се тества наличието на електрическо и магнитно поле. Снабден е с вграден сензор за електромагнитно излъчване. Обхватът на уреда е от 1 до 1999V/m с точност от 1V/m и праг на аларма 40V/m.

Измерванията са извършени на височина спрямо пода на помещението 1 m на различно разстояние l от индукционното бандажно огнище – най-близкото измерване е направено на разстояние 0,05 m от съоръжението, а най-отдалеченото – на 3 m. Съгласно изискванията за безопасност на персонала при извършване на тестове и експерименти, измерването започва от най-отдалечената точка към най-близката до индуктора. Резултатите са представени в таблица 1 и визуализирани в графичен вид на фиг. 1.

Табл. 1. Интензитет електрическото поле на височина 1 m

$l, \text{ cm}$	$E, \text{ V/m}$
5	773
10	662
15	506
20	433
30	380
50	290
100	199
200	54
220	9
270	1
300	0



Фиг. 1. Интензитет на електрическото поле на различно разстояние от индукционното бандажно огнище

АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗМЕРВАНИЯТА

Стойността на тока I_h , който ще протече през човек, когато се намира в електрическо поле с промишлена честота, се определя от израза [1]:

$$(1) \quad I_h = 12 \cdot E, \mu A$$

където E е интензитетът на полето, kV/m.

Допустимата стойност на тока, който може да протича през човек, е $50 \div 60 \mu A$ [1], което отговаря на интензитет на електрическото поле около 5 kV/m. Този ток не е опасен и не предизвиква болезнено чувство, ако протече през човек, подпираш се до заземен метален предмет. Пространството, където интензитетът на електрическото поле е по-високо от 5 kV/m, се определя като зона на влияние на електрическото поле.

Степента на отрицателното въздействие на електрическото поле с промишлена честота може да се оцени по интензитет, ток и мощност. Между трите величини съществува връзка, но като критерий за безопасност се приема интензитетът на полето. При различен наклон и положение на тялото токът може да се изменя до два пъти, а мощността - до четири пъти при един и същ интензитет. От друга страна, определянето на тока и мощността става много по-трудно в сравнение с директното измерване на интензитета.

Измерените стойности в непосредствена близост до индукционното бандажно огнище са приблизително пет пъти по-малки от допустимите и това показва, че персоналът не е изложен на опасност от създаденото електрическо поле. В друго изследване на авторите е установено, че стойностите на магнитното поле, измерено на височина 0,8 m на разстояние от 0,5 до 3,00 m, е в диапазона от $180 \div 13,6 \mu T$. Поради тази причина трябва да се вземе под внимание условието, че сумарното въздействие на производението на енергийните параметри, отнесено към максимално допустимите стойности на електрическите и магнитни полета, като индекс трябва да е по-малко или равно на единица.

МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ

Необходимите организационни мерки, които трябва да се предприемат при експлоатация на изследваното съоръжение за създаване на безопасни и здравословни условия на труд (включително обучение на персонала), са:

- Поставяне на знаци, обозначаващи наличието на силни ЕМП;
- Намаляване на времето на присъствие в близост до източници на ЕМП;
- Подходящо работно облекло.

Според [2] е необходимо въвеждане на изисквания при назначаване на новите служители (подбор на обслужващия персонал):

- Да няма работници, носещи активни имплантирани медицински изделия;
- Да няма пасивни имплантирани медицински изделия;
- Да няма медицински изделия, които се поставят върху тялото;
- Да не са бременни работнички.

Технически мерки, когато е възможно да бъдат осъществени, осигуряват колективна защита и обикновено включват борба с рисковете при източника. Освен това те обикновено са по-надеждни от организационните мерки, тъй като при тях не се разчита на предприемането на действия от страна на хората. Редица технически мерки могат да бъдат ефективни при предотвратяване или ограничаване на достъпа до съоръженията.

Екранирането може да бъде ефективно средство за намаляване интензитета на електромагнитните полета, породени от даден източник, и често се въвежда в конструкцията на оборудването, за да ограничава емисиите. Екрани могат да се поставят на помещения, за да се осигурява слаба електромагнитна среда, въпреки че това

обикновено се прави по-скоро за защита на чувствително електрическо оборудване, отколкото на хора. На практика екраните за радиочестотни и нискочестотни електрически полета изолират източника чрез проводяща повърхност – Фарадеев кафез. Те обикновено се изработват от метални листове или метална мрежа, въпреки че могат да се използват и други материали, като керамика, пластмаса и стъкло, с едно или повече метални покрития или с вградена метална мрежа.

За да бъде ефективна защитата, трябва да се гарантира, че екранът е непрекъснат и заземен в двата края. Съществуващите пролуки или съединения трябва да бъдат много по-малки от дължината на вълната на електромагнитното поле. По тази причина панелите, формиращи част от екрана, обикновено се закрепват близо един до друг и се свързват с медни връзки.

Освен от отворите и връзките, ефективността на екрана зависи от материала, от който е изработен, от дебелината му, формата на екрана и честотата на полето.

Всяко нарушение на целостта на екрана може да доведе до утечка и затова трябва да се обръща внимание на възможното влошаване на състоянието на шунтовите и заземителни връзки.

Тъй като пасивното екраниране на магнитни полета е трудно, вместо това често се използва активно екраниране, по-конкретно за постоянни полета. При активното екраниране се използва допълнителна намотка, обикновено под формата на соленоид, за да генерира противоположно магнитно поле. Унищожаването на двете полета води до бързо намаляване на магнитната индукция с отдалечаване от източника.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследването на ЕМП в близост до мощни електротехнически съоръжения е от все по-голямо значение за оценка на електромагнитните излъчвания и тяхното въздействие върху обслужващия персонал, както и за съответствие със стандартите за електромагнитна съвместимост [6, 7]. Измерването на интензитета на електрическото поле трябва да се извършва във всички зони на работа на персонала, като най-високата стойност се приема за определяща. Определянето се извършва на височина, отговаряща на ръста на човек.

В настоящия доклад е проведено изследване на електрическото поле в близост до съоръжение за индукционно нагриване на бандажни гривни. Измерванията, извършени при реални работни условия, показват, че полето отслабва с отдалечаване от индуктора и на разстояние над 1 m практически е незначително. Измерените стойности на интензитета са по-малки от допустимите - следователно обслужващият персонал не е изложен на опасност от увеличен интензитет на електрическото поле.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Вълчев М, Охрана на труда, Техника, 1990
- [2] Незадължително ръководство за добри практики при прилагане на Директива 2013/35/ЕС за електромагнитните полета. Том 1. Европейска комисия, 2014 <https://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=14741&langId=bg>
- [3] Електромагнитни полета – рискове за здравето, Министерство на здравеопазването https://www.mh.government.bg/media/filer_public/2015/04/08/informatsiya-vaznikvashti-riskove-za-zdraveto_25-11-2010.pdf
- [4] Чернева Г., Е. Димитрова, Изследване на магнитното поле на тягов ток, н. сп. „Механика, Транспорт, Комуникации“, ISSN 1312-3823, бр. 3, стр. VII-1 – VII-3, 2011
- [5] Стайков Г., Г. Сапунджиев, А. Кювбашиев, Експлоатация и ремонт на електрически локомотиви, Техника, София, 1974
- [6] Makedonski N., Experimental study of power losses due to inrush currents of the electrical

drives, 11th Int. Sc. Conf. BuleF 2019, DOI: 10.1109/BuleF48056.2019.9030728, 2019
[7] Dimitrova E., Methods for Diagnostics of the Status of Equipment for Signaling Systems (IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/BuleF48056.2019.9030740, 2019

RESEARCH OF THE ELECTRIC FIELD INTENSITY DURING INDUCTION HEATING OF BANDAGE BRACELETS

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

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

Key words: *electromagnetic field (EMF), electromagnetic radiation, induction heater, technical safety*

Abstract: *The study of electromagnetic fields (EMF) in the vicinity of high-power electrical equipment is of increasing importance for the assessment of electromagnetic emissions and their impact on service personnel, as well as for compliance with electromagnetic compatibility standards. The report analyzes the impact of EMF on human health. A study of the electric field near an induction heater was carried out - such equipment is widely used in locomotive repair facilities and is used as an effective, fast and precise method in replacing bandage bracelets on locomotive wheels by means of their electric heating by means of eddy currents. Measurements of the intensity of the electric field in the vicinity of the heater were carried out under real working conditions in the Plovdiv locomotive depot, the aim being to determine the safe zone. Appropriate equipment is used and a methodology for collecting, analyzing and processing the necessary data is presented. The obtained results show that the field weakens with distance from the inductor and at a distance of more than 1 m is practically insignificant. Organizational and technical measures are also indicated, which must be implemented when working with powerful electrical devices in order to limit the harmful influence of the field on the service personnel.*